

HISTOIRE

DE

L'ASTRONOMIE MODERNE.

TOME SECOND.

HISTOIRE

DE

L'ASTRONOMIE MODERNE

DEPUIS LA FONDATION

DE L'ÉCOLE D'ALEXANDRIE,

JUSQU'A L'ÉPOQUE DE M. D. CC. XXX.

Par M. Bailly, Garde honoraire des Tableaux du Roi, de l'Académie Françoise, de l'Académie royale des Inſcriptions & Belles-Lettres, & de celle des Sciences, de l'Inſtitut de Bologne, des Académies de Stockolm, de Harlem & de Padouë, & de la Société des Antiquités de Caſſel.

NOUVELLE ÉDITION.

Magni animi res fuit rerum naturæ latebras dimovere, nec contentum exteriori ejus conſpectu introſpicere, & in Deorum ſecreta deſcendere.
Seneca, Quæſt. nat. Lib. VI, c. 5.

TOME SECOND.

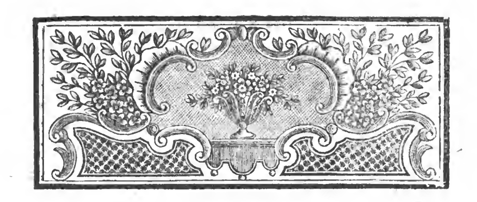


A PARIS,

Chez de Bure, Quai des Auguſtins, près la rue Pavée.

M. D. CC. LXXXV.

AVEC APPROBATION ET PRIVILÉGE DU ROI.



HISTOIRE
DE
L'ASTRONOMIE MODERNE.

LIVRE PREMIER,
De Képler.

§. PREMIER.

L'OPINION des mouvemens circulaires, considérés comme la marche la plus simple & le moyen unique de la nature céleste, est le caractere de l'antiquité. Lorsque ce caractere s'efface, le regne des anciens est fini, celui des modernes, & leur supériorité commencent Nous ignorons ce qui est caché sous le voile du tems, nous ne prétendons rien enlever au génie des premiers habitans de la terre; mais en jugeant sur les faits seuls, nous ne trouvons dans les débris de l'Asie, recueillis & rassemblés en masse, que la connoissance des mouvemens

circulaires : & dans l'intervalle depuis les Hypparque & les Ptolémée jusqu'à Tycho, tout ce qui a été élevé sur cette base, a pu n'être qu'une réminiscence, un retour aux mêmes idées. La vraie forme des orbites planétaires, découverte par Képler, est le premier de nos titres. Depuis vingt-cinq siecles les hommes cherchoient la simplicité & marchoient vers elle. C'est pour elle que Copernic replaça le soleil au centre du monde ; c'est pour elle que Képler va détruire tous les épicycles que Copernic avoit laissés subsister : peu de principes, de grands moyens en petit nombre, des phénomènes infinis & variés, voilà le tableau de l'univers. Les anciens Grecs étoient imbus de cette philosophie. Ptolémée s'excusoit de la complication de son systême, il sentoit que les mouvemens célestes doivent être simples ; il demandoit seulement si l'homme, à qui tout est difficile, est le juge de la véritable simplicité. Thalès, instruit de la sagesse des anciens, au milieu de la foule des êtres soumis à la vue & à l'observation, n'admettoit qu'un principe ; l'eau avoit tout fait, elle étoit la source de toutes les choses existantes. Anaxagore, aussi éconôme que Thalès, regardoit le feu comme l'agent unique & universel ; l'activité de cet élément étoit le principe productif de l'univers. Démocrite, comme Descartes, ne demandoit que de la matiere & du mouvement pour construire le monde.

§. II.

C'EST une grande & belle idée que celle de l'économie de la nature : mais cette économie est son secret ; elle n'étale au dehors que magnificence & variété. Les êtres de même espece sont différens en instinct, en force, en durée, aucun ne se ressemble exactement par la forme, par la grandeur & par la couleur ; les especes sont à jamais marquées par des traits

ineffaçables : la nature a ses trois regnes, séparés en apparence par des barrieres; elle a ses quatre élémens, qui semblent distincts & même ennemis. Couverte par tant de phénomènes, son unité est profondément cachée, sa simplicité est un principe vaste & sublime! Si les anciens Grecs l'ont connu, c'est qu'ils l'ont trouvé établi; si les Grecs, si les modernes, après eux, jusqu'à l'époque où nous sommes, ont répété cette vérité, c'est qu'elle leur avoit été enseignée.

Il est clair qu'elle n'a pu se présenter d'elle-même. L'homme voit les choses séparées, avant de les considérer ensemble, avant d'imaginer une chaîne pour les unir, des classes pour les distinguer; il a la notion de l'individu, avant d'avoir celle de l'espece. Or rien n'étoit moins simple que les systêmes des anciens : chaque opération de la nature avoit un agent. On trouve autant de divinités que de passions & de maladies : les arbres ne croîtroient point sans les Nimphes qui les animent; les eaux ne couleroient point, si une déité ne siégeoit à leur source; Eole a sous ses ordres des dieux subalternes, pour souffler de toutes parts sur la terre; les Tritons excitent ou calment les tempêtes de la mer; Pluton secoue les fondemens du monde; Jupiter lance la foudre; & l'arc en ciel est conduit par Iris, quand il brille sur les nuages. L'unité de Dieu & de la nature étoit donc partout méconnue! S'il est évident que cette vaste théogonie n'est qu'un travestissement de la physique des anciens, il faut avouer que la multiplicité des dieux prouve la multiplicité des causes. En écrivant cette histoire, nous appercevons d'un côté que les hommes, persuadés de la simplicité du méchanisme de l'univers, tendent constamment à cette idée, même en s'en écartant : nous voyons de l'autre que cette idée est une des plus antiques qui nous ait été conservée. La conclusion naturelle est que nous retournons au terme d'où nous sommes

partis : telle eſt notre marche, nous parcourons toujours un cercle. Mais ce terme, ce premier commencement des travaux connus devoit être lui-même la fin d'une révolution. La ſimplicité n'eſt pas eſſentiellement un principe, un axiôme, c'eſt le réſultat des travaux ; ce n'eſt pas une idée de l'enfance du monde, elle appartient à la maturité des hommes ; c'eſt la plus grande des vérités que l'obſervation conſtante arrache à l'illuſion des effets : ce ne peut être qu'un reſte de la ſcience primitive. Lorſque chez un peuple, poſſeſſeur d'une mythologie compliquée, & qui n'a d'autre phyſique que ces fables, les philoſophes, voulant réduire la nature à un ſeul principe, annonceront que l'eau eſt la ſource de toutes choſes, ou le feu l'agent univerſel, nous dirons à ces philoſophes : vous parlez une langue qui n'eſt pas la vôtre ; vous avez ſaiſi par un inſtinct philoſophique ces vérités au-deſſus de votre ſiecle, de votre nation, & de vous-mêmes ; c'eſt la ſageſſe des anciens, qui vous a été tranſmiſe par tradition : & lorſqu'après deux mille ans écoulés, Képler viendra rendre à cette vérité ſes droits & ſa gloire, en l'appuyant de ſes preuves, en l'éclairant du jour de la démonſtration, nous admirerons la ſagacité & les reſſources d'un eſprit vaſte & profond ; mais dans le principe qui l'a guidé, nous reconnoîtrons encore la même ſageſſe, le fruit des premiers travaux des hommes & le reſte précieux de leur génie.

§. III.

Le privilége des grands hommes eſt de changer les idées reçues, & d'annoncer des vérités, qui répandent leur influence ſur le reſte des ſiecles. A ces deux titres Képler mérite d'être regardé comme l'un des plus grands hommes, qui ait paru ſur la terre. Hypparque, Ptolémée, Albategnius, Copernic,

Tycho lui-même, ont pu n'avoir aucun avantage sur les premiers fondateurs de l'astronomie, dont quelques travaux nous restent dans les tables des Perses, des Indiens, des Siamois, comme dans les belles périodes de l'astronomie ancienne. Képler, par l'ascendant de son génie, commence notre supériorité; il a détruit l'édifice des anciens pour en fonder un plus stable & plus élevé. Il est le véritable fondateur de l'astronomie moderne, & c'est un présent que la Germanie a fait à l'Europe.

Képler naquit à Wiel au pays de Wirtemberg, le 27 de Décembre 1571. Il alla en 1589 étudier la philosophie à Tubinge, où il trouva un astronôme de quelque réputation, Michel Mœstlin, qui fut son maître en mathématiques & en astronomie. Il y fit des progrès rapides, & dès l'année 1596, il publia un ouvrage considérable sur la proportion & les rapports des orbes célestes, que toute sa vie il a distingué par un amour particulier, comme l'aîné de ses enfans. Mœstlin, recommandable par un disciple tel que Képler, l'est encore comme un des premiers partisans de Copernic; car dans les commencemens de ce systême philosophique, la vérité étoit neuve & sans appui, elle étoit délaissée & solitaire; il falloit un bon esprit pour démêler sa grandeur dans cet abandon. Mœstlin avoit fait un traité sur les dimensions des orbites des planetes dans l'hypothèse de Copernic (*a*); ce fut sans doute la leçon de Képler; mais il n'hésita pas, & nous remarquerons à son honneur qu'il fut copernicien, au moment où il vit le jour des sciences. Ses essais furent des dissertations sur les deux mouvemens de la terre (*b*).

(*a*) Ce petit ouvrage est imprimé à la suite du *Mysterium cosmographicum* de Képler, p. 149, édit. de 1621.

(*b*) *Myst. cosmo.* p. 7. Elles ont été depuis insérées par l'auteur dans l'*Epitome* de l'astronomie copernicienne, *Lib. I* & *Lib. IV.*

§. IV.

AVANT de parler de l'ouvrage de Képler ſur la proportion des orbes céleſtes, nous devons expliquer les trigones aſtrologiques qui en furent l'occaſion.

Trigone eſt un mot emprunté de la géométrie ; il ſignifie une figure de trois angles ; trigone eſt donc ſynonyme de triangle. Lorſque trois aſtres ſe partagent le zodiaque, de maniere qu'ils ſont éloignés les uns des autres de 120°, ils forment un trigone. C'eſt ce qu'on appelle auſſi le trine aſpect. On forma encore des trigonesen uniſſant les ſignes éloignés de 120°.

1°. Le Bélier, le Lion, le Sagittaire.
2°. Le Taureau, la Vierge, le Capricorne.
3°. Les Gémeaux, la Balance, le Verſeau.
4°. L'écreviſſe, le Scorpion, les Poiſſons.

Ces trigones des ſignes furent appelés les triplicités. Comme elles étoient égales en nombre aux élémens, comme jadis les nombres avoient beaucoup d'empire ſur les idées, on donna à ces trigones les noms & les propriétés des quatre élémens. Le premier eſt le trigone du feu, le ſecond de la terre, le troiſieme de l'air, le quatrieme de l'eau (*a*).

L'origine de ces trigones eſt la remarque que l'homme a faite de quatre qualités principales dans les élémens, le chaud, le froid, le ſec & l'humide. Ne pouvant comprendre d'où lui venoient ces températures, il les plaça dans le ciel, d'où elles pouvoient deſcendre ſur lui, & il les diſtribua dans les ſignes du zodiaque.

(*a*) Képler, *de ſtellâ novâ*, 1606, page 13.

§. V

Mais on demandera pourquoi les ſignes aſſemblés par trois, n'ont pas été pris de ſuite ? On eſt aſſez embarraſſé de trouver la raiſon de ces extravagances, aujourd'hui que les erreurs accumulées en cachent le principe. Cependant il ſemble que tout cela fut réglé ſur les conjonctions de Jupiter & de Saturne. Ces conjonctions ſe renouvellent tous les vingt ans, & de maniere que ſi la premiere eſt arrivée dans le ſigne du Bélier, la ſeconde arrive dans le ſagittaire, la troiſieme dans le Lion. Voilà les trois ſignes du trigone du feu. Ces conjonctions demeurent dans ces trois ſignes pendant deux cens ans, avec cette circonſtance remarquable, qu'elles parcourent les trois ſignes dans l'eſpace de ſoixante ans : ce qui peut être la ſource de la période de ſoixante ans, qui a été univerſelle dans l'Aſie. Neuf conjonctions de ſuite reviennent dans le même ordre pendant 180 ans ; la dixieme arrive dans le premier ſigne du même trigone ; l'onzieme paſſe au premier ſigne du trigone ſuivant. Il y a donc un intervalle de vingt ans, avant de paſſer d'un trigone à l'autre, mais l'ordre ſe conſerve pendant 180 ans. Il n'en faut pas davantage pour fonder la période de 180 ans que nous avons trouvée chez les anciens Tartares, ou du moins chez les peuples qui ont précédé les barbares appelés de ce nom. Nous n'en connoiſſions point alors l'origine ; celle que nous donnons ici eſt vraiſemblable. Puiſque la période a exiſté, elle a été fondée ſur quelque raiſon ; on ne doit point chercher cette raiſon ailleurs que dans le ciel bien ou mal connu, L'aſtrologie a eu tant de crédit ſur l'eſprit des hommes que dans les tems où elle a régné, elle a eu une grande part aux inſtitutions ſociales. On en a la preuve à la Chine, où l'eſprit antique doit être conſervé dans ſa pureté. L'aſtrologie eſt ſur

le trône & regle l'adminiſtration : voici donc encore deux faits qui concourent au même but ; la période de 180 ans, qui appartient à la Tartarie, étant liée à l'aſtrologie, place également dans cette région la connoiſſance, & peut-être l'invention de cette erreur : & d'un autre côté l'aſtrologie à la Chine, auſſi ancienne que l'empire, réglant tout dès les commencemens, ſemble y avoir été apportée de la Tartarie, d'où les Chinois ſont évidemment ſortis.

La période, qui ramene les conjonctions aux mêmes points, eſt d'environ 800 ans : deux ſiecles faiſoient donc une ſaiſon de cette grande année. Il a fallu attribuer une température à chacune de ces ſaiſons, & aux trois ſignes qui y répondoient. C'eſt ainſi que ces ſignes ont été raſſemblés, & qu'on les a répartis dans les quatre triplicités du feu, de la terre, de l'air & de l'eau (*a*).

§. VI.

Képler, en expliquant à ſes diſciples les propriétés de ces trigones, leur faiſoit remarquer que les lieux conſécutifs de ces conjonctions dans le zodiaque pris trois à trois, & joints par des lignes, forment une ſuite de triangles, continuellement inſcrits dans ce cercle ; mais il remarqua lui-même que toutes ces lignes en ſe croiſant, laiſſoient un eſpace vide dans le milieu ; il vit qu'on pouvoit y inſcrire un nouveau cercle, touché par toutes ces lignes. Il apperçut que les rayons de ce cercle, & de celui qui repréſentoit le zodiaque, étoient entre eux dans le rapport des diſtances de Jupiter & de Saturne au Soleil. Il n'en fallut pas davantage pour enflammer l'imagination de Képler ; il chercha ſi en inſcrivant d'autres figures

(*a*) Képler, *de ſtellâ novâ*, pages 25 & 27.

au

au cercle, il ne pourroit pas trouver les proportions des distances des autres planetes; mais une réflexion l'arrêta. Chaque distance, qui sépare la planete & le soleil, est le rayon d'une sphere dont le soleil est le centre. Puisque la nature offre ici trois dimensions, il faut mesurer ces proportions, non par des surfaces qui n'ont que deux dimensions, mais par des solides qui en ont également trois. Képler saisit alors l'idée de Pythagore, qui a comparé les élémens aux corps réguliers de la géométrie (*a*). Ces idées mystérieuses de rapport & d'harmonie étoient faites pour plaire à Képler, qui avoit de l'imagination. En conséquence, comme il y a six planetes qui tournent autour du soleil, & cinq intervalles, il compara ces intervalles aux dimensions des cinq corps réguliers; & de combinaisons en combinaisons, il parvint à l'arrangement suivant, en partant de l'orbe de la terre, qui est la mesure commune de tous les autres. Si l'on circonscrit un dodécaèdre, ou le solide de douze faces, au cercle de notre orbe, & qu'ensuite on circonscrive un autre cercle à ce dodécaèdre, ce sera l'orbe de Mars : si à ce dernier cercle on circonscrit un tétraèdre, ou le solide formé de quatre plans, le cercle qui l'enfermera sera l'orbe de Jupiter : si à cet orbe de Jupiter on circonscrit un cube, ou le solide à six côtés, le cercle qui terminera tout, en l'enveloppant, sera l'orbe de Saturne. Revenons à la terre; nous sommes partis de la partie extérieure de son orbe, entrons dans l'intérieure : si l'on y inscrit un icosaèdre, ou un solide de 20 côtés,

(*a*) Il n'y a que cinq corps réguliers, c'est-à-dire, dont la surface soit formée par un nombre de plans égaux & réguliers : le cube, qui est formé de six quarrés : le tétraèdre de quatre triangles équilatéraux : l'octaèdre de huit des mêmes triangles : l'octaèdre, qui est encore formé de vingt des mêmes triangles : enfin le dodécaèdre, composé de douze pentagones. Il ne peut pas y avoir d'autres corps réguliers que ceux-ci : quelque espece de plans que l'on combine, on ne parviendra jamais à enfermer une solidité par d'autres plans réguliers, ou en autre nombre que ceux qui sont indiqués ici.

le cercle inſcrit dans ce ſolide ſera l'orbe de Vénus : ſi dans cet orbe on inſcrit un octaèdre, ou le ſolide formé de huit plans, le dernier cercle inſcrit dans ce dernier ſolide ſera l'orbe de Mercure (*a*).

§. VII.

KÉPLER, dans d'autres ſpéculations ſur le nombre & les diſtances des planetes, avoit oſé en créer deux, l'une placée entre Jupiter & Mars, l'autre entre Vénus & Mercure, & ces planetes imaginaires étoient inviſibles à cauſe de leur petiteſſe (*b*). La découverte précédente lui fit changer d'avis ; il trouva que l'hypothèſe donnoit aſſez exactement les proportions des planetes, & cette propriété ſinguliere lui parut ſuffiſante pour fonder le nombre des ſix planetes. Dieu n'en avoit pas créé davantage à l'entour du ſoleil, parce qu'il n'avoit permis aux formes de la matiere que cinq corps réguliers ; & parce que l'harmonie du monde demandoit que les proportions admirables des orbes céleſtes fuſſent repréſentées par celles des cinq corps. Si nous offrons ici ces combinaiſons inutiles & ces découvertes infructueuſes, c'eſt que nous n'avons pas entrepris l'éloge de l'eſprit humain. Ce n'eſt point un réſumé de ſes découvertes & de ſes chefs-d'œuvres, c'eſt ſon hiſtoire. Vous ne le connoîtrez point, en vous diſant ce qu'il a fait, il faut vous dire comment il y eſt parvenu : il faut que ſa marche ſoit développée ; ſi cette marche eſt tortueuſe, ſi elle a des détours vagues & incertains, cette incertitude même eſt l'inſtinct qui le fait errer autour de ſon objet, en attendant le moment du génie.

Nous ne détaillerons point ici toutes les raiſons que Képler trouve & donne pour motiver l'arrangement des corps céleſtes,

(*a*) *Myſter. coſmog. in præf.* p. 10 & Cap. II. (*b*) *Ibid.* p. 7.

& l'ordre des corps réguliers, qui ſont inſcrits dans les cercles des planetes (*a*). La folie de l'homme a toujours été de vouloir pénétrer les premieres raiſons de la nature, qui ſeront toujours inconnues.

On peut remarquer la manie de ce ſiecle, de mêler les choſes ſacrées aux choſes qui ne ſont que pour la curioſité, ou pour l'utilité mondaine des hommes. Képler conſidere trois grandes choſes qui ſont en repos; le ciel des fixes, le ſoleil & l'intervalle énorme qui les ſépare; il les compare tout de ſuite à la Trinité, & la figure ſphérique, qui eſt celle de l'univers, qui en renferme toutes les parties, eſt l'image de l'Être ſuprême, qui enveloppe tout de ſon immenſité (*b*).

§. VIII.

La réputation de Képler le fit appeler pour enſeigner à Gratz en Stirie; & ſon ouvrage des Proportions des orbes céleſtes, qu'il envoya à Tycho, lui valut le ſuffrage de ce grand aſtronôme. Leur connoiſſance commença par lettres; Tycho, qui vit un jeune homme dominé par l'imagination, lui conſeilla de s'appliquer à l'obſervation avant de remonter aux cauſes. Il l'aſſura qu'il trouveroit plus de vérité dans ſes hypothèſes que dans celles de Copernic. Cependant il ſentit que Képler ſeroit ſon ſucceſſeur, & il deſira paſſionnément de l'avoir auprès de lui. Tycho lui fit donner le titre de mathématicien de l'Empereur, avec des penſions. Képler ſuivi de ſa famille, vint s'établir à Prague; mais il fut tourmenté d'une fiévre aſſez longue, qui troubla les études qu'il pouvoit faire auprès de Tycho. Képler paroît auſſi s'être plaint à ſon ancien

(*a*) *Myſterium coſmographicum*, p. 25. *Epitome Aſtron. Copern.* Lib. I. p. 12, Lib. IV, p. 437.

(*b*) *Ibid.* p. 7.

maître Mœstlin : Tycho avoit des réserves pour lui ; le trésor de ses observations amassées étoit fermé. Képler avoit beau demander qu'on lui communiquât les théories des planetes, leurs excentricités, les rapports de leurs distances, pour vérifier ses hypothèses harmoniques, Tycho cachoit la plupart de ces choses (a) ; soit qu'il voulût modérer l'ardeur du jeune homme, soit qu'il ne pût avoir une confiance entiere dans un partisan de Copernic, soit enfin que la méchanceté des hommes qu'il avoit éprouvée, l'eût rendu défiant. Enfin Tycho mourut, & Képler se vit en possession de son héritage astronomique. Il fut chargé par l'Empereur de continuer à dresser les Tables que Tycho établissoit sur ses observations lorsqu'il mourut. Ces Tables devoient être dédiées à l'Empereur, & nommées de son nom Tables *Rudolphines*. Képler, avec un zele que Tycho méritoit, y travailla pendant vingt ans (b).

§. IX.

SUCCESSEUR de Tycho, élevé comme lui sur le trône de l'astronomie, Képler sentit les charges de la souveraineté & s'en imposa tous les devoirs. Il parcourut ses domaines, en visita les différentes parties, pour en approfondir les abus ; il étoit entraîné par l'esprit réformateur. L'optique étoit depuis longtems négligée ; nous n'avions de cette science que ce qu'en avoit créé Ptolémée, traduit par Alhazen, & commenté par Vitellion. L'optique, dans le sens le plus général du mot, a pour objet tout ce qui concerne la vision. La lumiere fut produite pour embellir le monde, & l'œil fut créé pour la voir ; elle tombe sur les corps, se saisit de leur empreinte, & la transportant partout, elle a des pinceaux & des couleurs pour

(a) Gassendi, *in vitâ Tych.* p. 460.

(b) *Myst. cosmogr.* pag. 5, édit. 1621.

peindre, elle forme fur la rétine la miniature du monde, & lie à l'exiftence de l'homme celle de tous les êtres qui l'environnent. L'optique embraffe donc le mécanifme de l'œil, qui voit les objets, la nature des rayons de lumiere, & la marche de ces rayons réfléchis, réfractés, ou altérés dans les différens milieux qu'ils traverfent pour venir jufqu'à nous. Une chofe effentielle dans toute recherche, c'eft de connoître l'inftrument qu'on employe, d'en apprécier les erreurs : la vue eft le premier inftrument de l'aftronomie ; la lumiere eft encore une efpece d'inftrument, puifqu'elle nous avertit de l'exiftence & de la préfence des chofes ; il faut examiner comment elle agit, il faut favoir fi fes avis, fi fes rapports ne font pas mêlés de vérités & d'erreurs. Voilà les objets que fe propofa Képler, en étudiant l'ouvrage d'Alhazen & de Vitellion, pour le corriger & l'augmenter. Ce n'eft point que Képler ait connu la nature de la lumiere que Newton devoit approfondir ; mais des excavations commencées, quelques filons de métal découverts, donnent l'efpérance d'une mine riche, & reftent pour inviter les générations fuivantes à de nouveaux travaux.

§. X.

De tous les effets optiques, le plus important eft la réfraction, ou le changement de route que la lumiere éprouve dans notre atmofphere ; toutes les obfervations font affectées de cette erreur. Tycho le premier en avoit mefuré la quantité, mais il en connut mal la marche ; il faifoit ceffer la réfraction à 45° de hauteur, comme fi l'air, où les rayons fe détournent, ne nous enveloppoit pas de toutes parts. Cette erreur naiffoit de l'incertitude de la caufe. Tycho croyoit avec Rothman que la réfraction étoit caufée par la matiere la plus groffiere de l'air, par la matiere qui produit les crépufcules, & qui n'eft

pas fort élevée (a). C'eſt pourquoi, ſelon eux, les réfractions, n'étoient plus ſenſibles à quelque diſtance de l'horizon. Ces aſtronômes n'avoient qu'un tort, s'étoit de donner trop d'influence aux vapeurs terreſtres, & d'y chercher la principale cauſe de la réfraction. Le principe eſt ſimple, le rayon de lumiere, en paſſant de l'éther, qui eſt infiniment ſubtil, dans l'air qui l'eſt beaucoup moins, ſe détourne de ſa route. Il s'en détourne encore quand il rencontre des maſſes d'un air plus denſe, comme eſt celui qui avoiſine la ſurface de la terre; air chargé du poids de l'atmoſphere, & en outre épaiſſi par les exhalaiſons du ſol. Cet air denſe, ces vapeurs contribuent donc à augmenter la réfraction déjà produite au paſſage de l'éther dans l'air.

Képler, pour connoître les réfractions de l'air, imagina de ſe ſervir de celles de l'eau : Vitellion les avoit meſurées. En effet, ſi l'on regarde perpendiculairement un objet, placé au fond d'un vaſe plein d'eau, on verra cet objet dans le lieu qu'il occupe réellement. Mais ſi l'œil ſort de la perpendiculaire, en s'abaiſſant continuellement vers le plan horizontal de la ſurface de l'eau, l'objet ſortira de ſa place en ſens contraire, & s'élevera continuellement; ces déplacemens ſont l'effet de la réfraction : leurs quantités meſurées peuvent donc faire juger de ſa marche. Képler remarqua que la réfraction croiſſoit avec les abaiſſemens de l'œil, il penſa qu'elle dépendoit de l'inclinaiſon du rayon viſuel, ce qui eſt vrai; il en attribua la cauſe à la réſiſtance du milieu, où la lumiere a peine à ſe mouvoir (b); ce qui devoit paroître alors fort vraiſemblable. Mais il remarqua que la réfraction croiſſoit beaucoup plus vîte que les angles d'inclinaiſon, ſur-tout en

(a) Képler, *Paralip. ad Vitellion.* p. 77. (b) *Ibid.* p. 15 & 110.

approchant de la surface de l'eau; il crut voir deux effets dans la réfraction, il la décomposa, & il établit une premiere partie fort petite, qu'il appeloit la réfraction simple, & qui étoit proportionnelle aux angles d'inclinaison. Cette réfraction simple, multipliée par la sécante des mêmes angles, donnoit la véritable réfraction (*a*). Ayant trouvé cette loi par les réfractions dans l'eau, il l'appliqua aux réfractions dans l'air & il trouva qu'elle représentoit assez bien les quantités observées par Tycho. En effet les réfractions qu'il calcula sont très-petites & presque insensibles depuis le zénith jusqu'à quarante-cinq degrés, où elles commencent à croître toujours de plus vîte en plus vîte jusqu'à l'horizon (*b*).

Il faut remarquer que Képler donne à la cause toute sa généralité; il ne pense pas qu'elle cesse ni à 20 ni à 45°, comme Rothman & Tycho l'avoient supposé. S'il n'a pas trouvé la vraie loi, la vraie mesure, il a du moins montré qu'il y en avoit une, & ses efforts infructueux ont invité à des efforts plus utiles. Si nous considérons ce travail du haut de nos sciences perfectionnées, nous n'y verrons qu'une vérité manquée; mais si nous nous transportons au tems de Képler, nous y verrons un premier succès de l'esprit inventeur.

§. X I.

KÉPLER fit encore un pas vers la vérité, & pour la généralité de la cause des réfractions; il établit qu'elles étoient les mêmes pour tous les astres. L'air est une glace au travers de laquelle nous voyons les objets; la réfraction est un défaut de cette glace, & le défaut affecte tous les objets dont elle nous transmet les images. Tycho avoit cru que la distance de l'astre,

(*a*) *Paralip. ad Vitel.* p. 113 & 114. (*b*) *Ibid.* p. 124 & 125.

le chemin que la lumiere parcourt jusqu'à nous, influoit sur la réfraction, comme si le rayon se détournoit de sa route à proportion de son affoiblissement. Képler montra que la lumiere forte & foible suivoit la même route. Aux confins de notre atmosphere les obstacles sont les mêmes pour la lumiere voisine, & pour la lumiere éloignée ; en entrant dans notre monde terrestre, elle est sujette aux mêmes loix, & elle ne conserve d'autre caractere de la distance que la diminution de son éclat.

Ces connoissances étoient étendues par des vues assez fines. Rothman prévoyoit que la réfraction ne devoit pas être constante dans le même lieu (*a*) : elle devoit être différente dans les différentes saisons, & à raison d'un air plus ou moins chargé de vapeurs. Tycho soupçonnoit que la constitution du sol, qui éleve ces exhalaisons, devoit faire varier la réfraction dans les climats divers : ces vues étoient jetées comme l'objet des recherches futures ; elles ont été confirmées par les travaux des modernes.

§. XII.

Un phénomène, observé du tems même de Képler, lui confirma que la réfraction n'étoit pas la même sur toute la face de la terre (*b*). Tandis que les Portugais & les Espagnols se disputoient l'empire des Indes & ses richesses, & s'attribuoient exclusivement la route par le cap de Bonne-Espérance, les Hollandois, commerçans actifs, cherchoient par le nord une route plus paisible vers les contrées, qui produisent le thé & les épiceries. Barentz, en 1596, se proposa de la découvrir ; il s'avança avec hardiesse vers ce pôle, qui est aujourd'hui

(*a*) *Paralip. ad Vitel.* p. 137. (*b*) *Ibid.* p. 138.

le

le séjour des glaces : la mer en est couverte la plus grande partie de l'année ; & lorsque l'été de ces climats brise ce sol glacé, ou lorsque l'hiver se prépare à le former, les montagnes de glace se dispersent ou se rassemblent, & semblables à des écueils flottans, menacent les vaisseaux qui osent tenter le passage. Si le passage existe, il est donc un intervalle de tems qu'il ne faut ni prévenir, ni manquer. Barentz, surpris par la mauvaise saison, fut enveloppé de toutes parts, la mer se ferma autour de son vaisseau, & le livra, ainsi que ses compagnons d'infortune, à toutes les rigueurs du froid. Ils étoient près de la nouvelle Zemble, isle située vers 76° de latitude ; c'est là qu'ils passerent quelques mois avec les ressources du courage & de l'industrie, au milieu d'une atmosphere glacée, s'enterrant pour moins sentir sa rigueur, craignant chaque jour de périr par le froid ou par la famine, & obligés de défendre leur vie contre des ours encore plus affamés qu'eux. Ils semblent avoir échappé à ces dangers pour nous instruire d'un phénomene astronomique. Le 3 Novembre ils virent pour la derniere fois le soleil. Cet astre, qui est l'image de la vie, qui donne au moins l'espérance de la chaleur, les laissa sans consolation dans une nuit entiere, ou du moins dans la foible lueur des crépuscules, réfléchie sur la neige, & peut-être plus triste encore que la nuit profonde. Cependant le soleil auroit dû les abandonner plutôt sans la réfraction : à 76° de latitude l'équateur est élevé sur l'horizon de 14°, le soleil doit disparoître lorsqu'il descend à cet abaissement au-dessous de l'équateur. Mais le 3 Novembre il se montroit encore un instant, quoiqu'il fût abaissé de $15°\frac{1}{2}$: la réfraction l'élevoit donc de $1°\frac{1}{2}$; & quand même les malheureux voyageurs se feroient trompés sur l'estimation de la latitude d'un lieu où ils attendoient la mort, ayant perdu le soleil quarante-huit jours avant le solstice,

ils ne devoient l'attendre que quarante-huit jours après, c'est-à-dire, le 7 Février : il reparut inopinément le 24 Janvier, & vint rompre les chaînes dont la nature les avoit liés dans cet exil. Si l'on peut s'en rapporter au récit des Hollandois, la réfraction de ces zônes froides paroît donc beaucoup plus grande que celle de nos régions tempérées. Le froid, en condensant l'air, y contribue sans doute ; mais Képler vit dans le phénomène une vérité que M. Bouguer a prouvée depuis par des observations délicates ; c'est que cette différence tient à la hauteur où l'on est dans l'atmosphere (*a*). Sur notre terre raboteuse, creusée en vallons, hérissée de montagnes, & partout couverte de pentes inégales, il n'y a de véritable niveau que la surface des eaux : les lieux qu'elles occupent sont en même tems les plus abaissées ; toutes les terres sont nécessairement & inégalement élevées au-dessus d'elles. Les Hollandois n'avoient pas choisi un asile éloigné de leur vaisseau, ils habitoient les bords de la mer. Dans cet endroit bas le rayon de lumiere qui y parvient, rase de plus près la surface de la terre, il rencontre dans son trajet un air plus épais, & il éprouve une réfraction plus grande. Lorsqu'on s'éleve dans l'atmosphere avec les inégalités du globe, le rayon traverse des couchess d'air plus hautes, plus pures, moins denses, & la réfraction est plus petite. Képler annonça même qu'à une certaine hauteur il n'y auroit plus de réfraction sensible (*b*).

§. XIII.

KÉPLER, en méditant sur la marche de la lumiere, créa une nouvelle science, qu'il intitula *Astronomie optique ;* science composée & du mouvement des astres, & des phénomènes de

(*a*) *Paralip.* p. 134 & 139.

(*b*) *Ibid.* p. 135.

la lumiere qui nous les fait appercevoir. Une inſpection attentive ne voyoit plus de limites pour ſéparer les ſciences. La nature, diviſée par les premieres vues, ſe recompoſoit, devenoit unique & indiviſible par des vues plus grandes. Dans les opérations de l'économie animale, la nature entiere conſpire pour l'entretien ou pour la deſtruction de la vie : les alimens ſe décompoſent, les liqueurs ſe forment par les affinités chimiques ; elles coulent, elles s'élevent, & ſe diſtribuent par les loix de la mécanique ; leurs routes tortueuſes décrivent des courbes qui appartiennent à une géométrie profonde & inacceſſible ; & tandis que le ſuc le plus ſubtil, tranſmis par les nerfs, s'en va nourrir l'organe de la penſée & faire éclorre les germes du génie, des ſucs plus groſſiers font végéter d'autres parties : nous portons des plantes comme la terre qui nous porte. Mais ces végétaux mêmes ne s'élevent point à la ſurface du globe, ſans que la phyſique générale ait préparé & le ſol qui les fait naître, & l'air qui les nourrit ; leur développement eſt à la fois un problême de chimie, de mécanique & de géométrie : il faut que le ſoleil monte à une certaine hauteur pour amener leur maturité, & que les forces des aſtres s'uniſſent pour faire ſouffler des vents favorables, ou pour écarter les vents contraires. L'aſtronomie, la ſcience des objets qui ſont ſi loin de nous, n'eſt pas plus ſéparée, ni plus ſolitaire que les autres : elle eſt inſéparablement unie à la mécanique par le calcul des forces & des vîteſſes, à la géométrie par la deſcription des routes parcourues dans l'eſpace ; elle tient à l'optique par la lumiere ; elle tient à tout le reſte de la nature par notre atmoſphere, qui eſt le voile à travers lequel paſſent les images des choſes, par l'organe de la vue, par l'homme lui-même, qui dépend de tout. Qui ſait même ſi l'aſtronomie n'a pas d'autres rapports avec la phyſique ? L'attraction des globes

céleſtes eſt ſemblable à celle de l'aimant ; il eſt poſſible que la matiere magnétique ait quelque analogie avec le fluide électrique, avec le fluide nerveux ; & ces fluides ne ſont peut-être que les modifications d'un fluide univerſel, qui eſt dans la nature le grand reſſort du mouvement.

§. XIV.

CETTE application de l'optique à l'aſtronomie perfectionna la théorie des éclipſes, & ſervit à expliquer quelques-uns de leurs phénomènes. Les anciens, en reconnoiſſant qu'elles étoient cauſées par le paſſage de la lune dans l'ombre de la terre, avoient cru que cette ombre étoit pure & ſans mélange, comme celle qui eſt produite par les corps opaques, dans un lieu à l'abri de tout réflet. Mais la terre ſe trouve dans une circonſtance particuliere, qui la diſtingue des autres corps opaques, c'eſt l'atmoſphere qui l'enveloppe. Les rayons paſſent dans cette atmoſphere, s'y plient, & portés par ce détour dans le cône d'ombre, y répandent en quelques endroits de la clarté (*a*) ; c'eſt ce qu'on appelle l'ombre claire. Il en réſulte que la lune, quand elle y eſt plongée, eſt très-diſtinctement viſible, ainſi que ſes différentes parties : quelquefois le centre de la lune eſt obſcur, parce qu'il eſt dans l'ombre vraie, les bords qui ſont dans l'ombre claire, ſe laiſſent appercevoir : dans d'autres tems, qui ſont aſſez rares, la lune étant plus éloignée de la terre, au-delà du terme où tombent les rayons réfractés, elle eſt dans une obſcurité totale, & elle diſparoît tout-à-fait. Ces bizarreries avoient long-tems intrigué les anciens ; cette lumiere, conſervée par la lune dans un lieu qu'ils croyoient totalement

(*a*) Dans ce cône d'ombre les rayons ſe croiſent & éclairent foiblement un eſpace qui a la figure d'une croix de St. André ; *voy*. la fig. I.

privé de clarté, leur avoit paru propre à la planete. Képler, qui avoit des idées de physique très-saines, ramena ce phénomène à sa véritable explication (*a*). Il ajouta encore à la théorie des éclipses la pénombre que les anciens n'avoient pas connue (*b*). La pénombre est une ombre foible, un commencement d'obscurité. Représentons-nous le soleil comme un large flambeau, projetant derriere la terre une ombre conique; lorsque la partie antérieure de la lune s'y plonge, cette partie ne voit plus le soleil, & abstraction faite des rayons réfractés, elle doit être dans une obscurité totale. Mais l'obscurité n'arrive pas subitement; le soleil a une grandeur considérable, cette partie ne le perd pas de vue en un instant, elle cesse de le voir par degrés: d'abord une portion, puis la moitié, enfin la totalité disparoît. La lumiere qu'elle reçoit, ainsi que les autres parties successives de la lune, diminue en proportion; le passage de la lumiere à l'obscurité se fait par des nuances graduées, & ces nuances d'une lumiere affoiblie sont ce que nous appelons la pénombre. Elle précede toujours sur le disque de la lune, l'entrée de la véritable ombre qui fait le commencement de l'éclipse.

§. XV.

La lune, dans ses éclipses totales, est souvent teinte d'un rouge sombre, où les anciens voyoient une couleur de sang. Képler qui savoit qu'elle est alors éclairée par la lumiere du soleil détournée & pliée dans l'atmosphere, annonça avec confiance que cette lumiere étoit ainsi colorée par la réfraction (*c*). Il fut conduit sans doute à cette idée par la vue de ces nuages pourprés, qui le jour recoivent un vif éclat d'une lumiere

(*a*) Képler, *Paralip. ad Vitellionem*, pag. 268.

(*b*) *Ibid.* p. 239.

(*c*) *Ibid.* p. 276.

forte & directe ; nuages qui vers le soir ont représenté des armées sanglantes à l'imagination craintive des hommes, tandis que le matin, après le repos de la nuit, au retour de la lumiere, les poëtes n'y ont vu que le réveil d'une déesse & l'espérance d'un beau jour.

Képler, avec son maître Mœstlin, établit que la lune & la terre s'éclairoient mutuellement (*a*). C'est le symbole de l'égalité des êtres créés & de leurs services réciproques. La terre, où habite une espece orgueilleuse, n'est pas faite pour être servie sans servir elle-même ; elle renvoie sur la lune la lumiere qu'elle reçoit du soleil ; la lune lui voit des phases, comme nous en voyons à la lune même. Tous les mois nous nous montrons à elle sous l'humble apparence d'un croissant ; & tous les mois aussi notre terre, qui a cependant quelque supériorité par la grandeur, tournant vers elle sa face entierement éclairée, paroissant pleine, lui jette dix à douze fois plus de lumiere qu'elle n'en reçoit dans la pleine lune. Cette lumiere réfléchie produit deux phénomenes. Lorsque la lune éclipse le soleil, lorsqu'elle est par conséquent tout-à-fait privée de la lumiere directe, ces rayons réfléchis éclairent sa face obscure, & la rendent visible pour nous. Lorsque la lune est nouvelle, & sous la forme de croissant, par un ciel pur & serein, la même lumiere réfléchie nous fait appercevoir le globe entier, au moyen d'une nuance claire & cendrée qui y est répandue Ce sont ces divers phénomènes qui avoient fait croire aux uns que la lune avoit une lumiere propre, aux autres qu'elle avoit quelque transparence. Cette derniere opinion, conservée par Vitellion, datoit de Plutarque. Reinhold, astronôme d'ailleurs éclairé, approuvoit assez cette explication. Tycho-Brahé croyoit

(*a*) *Paralip.* ou *Astron. opt.* p. 252.

que la lumiere cendrée étoit fournie par Vénus. Képler détruisit absolument toutes ces erreurs, & fit hommage de la vérité à Mœstlin, qui l'avoit adoptée le premier (*a*).

On croyoit alors que les taches de la lune étoient des erreurs de la vue (*b*). Les hommes commençoient à se défier de leurs organes, & la défiance va toujours trop loin, sur-tout dans ses commencemens. Képler montra, en recevant l'image de la lune sur un papier blanc, dans une chambre noire, que les taches y étoient sensibles, y avoient la même place, la même forme, la même étendue que sur le disque même. Il rappela le sentiment des anciens, en regardant la lune comme une terre semblable à la nôtre. Les taches sont des parties moins propres à réfléchir la lumiere. Il remarqua que le cercle de l'ombre dans les éclipses n'étoit pas terminé comme il devoit l'être sur une surface égale & unie. Il y vit des breches, comme si l'ombre s'enfonçoit dans les vallées, tandis que la lumiere se conserve sur les montagnes (*c*). Ces choses sont aisées à voir par le moyen du télescope; mais il n'étoit pas encore inventé. Képler fit cette remarque, avec le génie, qui est le plus puissant des instrumens & des organes.

§. XVI.

La chambre obscure, récemment inventée par Jean-Baptiste Porta, fournit quelque utilité à l'astronomie. Tycho avoit remarqué que l'image du soleil, qui se peint sur une muraille ou sur un papier blanc dans cette chambre privée de lumiere, étoit propre à mesurer le diametre du soleil. Les rayons de cet astre se croisent en passant par l'ouverture qui donne entrée

(*a*) Képler, *Paralip.* ou *Astronom. opt.* pag. 254.

(*b*) *Ibid.* p. 247.

(*c*) *Ibid.* p. 249.

au rayon, un œil qui y feroit placé, verroit le foleil & l'image fous un même angle & d'une même grandeur. Pour avoir la grandeur du foleil, il ne s'agit que de prendre l'étendue de l'image, l'angle dépend de fa diftance à l'ouverture. Ceci eft exact, tant que cette ouverture n'eft qu'un point, mais lorfqu'elle a une grandeur fenfible, les rayons s'écartent en conféquence, cette grandeur s'ajoute à celle de l'image; il faut donc fouftraire le diametre de l'ouverture de celui de l'image mefurée. Cette attention ne manqua pas à Tycho *(a)* : nous ignorons fi l'idée lui appartient; mais voilà le premier indice que nous en trouvons. Képler fit beaucoup d'ufage de cette méthode & de la chambre obfcure. Cependant, comme il falloit mefurer le diametre de l'image avec un compas, tandis que cette image marche avec le foleil, ce mouvement rendoit la mefure incertaine. Mœftlin imagina d'avoir ces mefures toutes faites fur le papier blanc qui recevoit l'image; il y traça une infinité de cercles concentriques, dont les diametres étoient mefurés; un coup d'œil fuffifoit pour décider lequel de ces cercles enfermoit l'image du foleil *(b)*. Cette invention ingénieufe a été très-utile depuis pour l'obfervation des éclipfes. Mœftlin s'en fervoit dès-lors pour connoître le nombre des doigts éclipfés, & pour déterminer la proportion des diametres du foleil & de la lune. Cette méthode ne fervoit qu'aux éclipfes de foleil; la lumiere de la lune, en partie éclipfée, eft trop foible dans une chambre obfcure. Képler n'y mefuroit qu'avec peine & avec incertitude le diametre de cette planete, lorfqu'elle eft pleine, entiere & dans la force de fa clarté *(c)*.

(a) Kepler, *Paralip.* ou *Aftronom. opt.* pag. 341.

(b) *Ibid.* p. 339 & 351.

(c) *Ibid*, p. 345.

§. XVII.

§. XVII.

On agitoit alors ces questions ; si le soleil peut être entiérement couvert par la lune, ensorte qu'une nuit subite & momentanée se répande sur la terre ; si dans une éclipse centrale les bords du soleil peuvent rester visibles, & former une couronne, un anneau lumineux autour de la lune obscure. L'une de ces questions étoit résolue par l'autre, car si la lune est toujours trop petite pour couvrir entiérement le soleil, il s'ensuit nécessairement que dans les éclipses centrales elle doit paroître entourée des bords lumineux & visibles du soleil. Tycho s'étoit apperçu que le diametre de la lune, mesuré sur le soleil dans ses éclipses, étoit toujours plus petit que lorsqu'elle est pleine & dans l'opposition. Il pensa que l'apparence de la lune étoit diminuée par une cause optique, & par la force de la lumiere solaire ; il établit que cette diminution pouvoit être évaluée à la cinquieme partie du diametre de la lune *(a)* : il en concluoit que la lune ne pouvoit nous cacher le soleil entier, & il s'étonnoit en 1600 que Clavius eût vu à Conimbre, en 1560, une éclipse totale de soleil avec nuit & ténebres *(b)*. Képler accorde que le diametre de la lune, lorsqu'elle est pleine, paroît plus grand qu'il n'est réellement, par la raison que les objets fort éclairés paroissent plus grands sur un fond obscur *(c)*, & à cause de la dilatation de la lumiere. Mais il pense que dans une éclipse de soleil, la lumiere de cet astre, en se dilatant, empiete sur le disque de la lune, & le rétrécit en apparence ; il en donne un exemple bien sensible. Il faut prendre un corps opaque, tel qu'une regle, qui

(a) *Tychonis Progymnasmata*, pag. 102.

(b) Képler, *Astron. opt.* p. 285.

(c) *Ibid.* p. 217.

ait un bord bien droit & bien terminé ; en le posant entre l'œil & la lune, & très-près de l'œil, on voit sensiblement la lumiere de cette planete se dérober sur la regle, & la partie interposée semble devenue plus étroite *(a)*. C'est par de telles expériences que la raison découvre l'erreur des sens, & apprend à estimer leur rapport. Képler établit donc que si le diametre de la lune, lorsqu'elle est pleine, paroît plus grand, ce diametre paroît plus petit que le véritable, lorsqu'il est mesuré sur le soleil.

Ce grand homme, savant dans tous les genres, prouva par une infinité de passages de l'histoire, qu'il y avoit eu des éclipses de soleil accompagnées de ténebres *(b)*. Il montra également que les anciens ont parlé des éclipses annulaires. Clavius, parmi les modernes, en avoit observé une en 1567 *(c)*. Cependant Képler avoit peine à se figurer que cet anneau, cette couronne lumineuse fut une zône visible du soleil. Aristarque avoit dit que le disque du soleil étoit égal à celui de la lune ; Hypparque & Ptolémée, qui virent dans ce dernier quelque variation de grandeur, établirent que sa plus petite apparence étoit égale à celle du soleil. Ces déterminations étoient encore respectées après vingt siecles ! Quand les hommes instruisent leurs semblables, l'envie active envers les vivans se rend difficile pour tout ce qu'ils proposent ; c'est avec effort que la vérité s'insinue : mais lorsque la mort & le tems les ont séparés de l'envie, lorsque leurs pensées ont reçu l'hommage de plusieurs générations, le génie, vu dans l'éloignement, a quelque chose de respectable & de sacré ; il s'établit une sorte de prescription, & il faut autant d'efforts pour

(a) Kepler, *Paralip.* ou *Astronom. opt.* pag. 218.

(b) *Ibid.* p. 287.

(c) *Ibid.* p. 297.

rectifier ces anciennes pensées ; qu'il en a fallu pour les faire admettre. Képler n'osa point croire que le soleil pût paroître plus grand que la lune : voici comment il s'y prit pour expliquer le phénoméne de la couronne lumineuse dans les éclipses annulaires. Il proposa deux causes : l'une, que la matiere de l'éther pouvoit être plus serrée & plus dense à l'entour du soleil, & que nous réfléchissant quelques-uns de ses rayons, elle paroissoit le ceindre d'une couronne ; l'autre, que la lune elle-même pouvoit être enveloppée d'un air plus dense que l'éther, où les rayons du soleil se réfractent, amplifient son image, & le font paroître plus grand que la lune ; Képler se trompoit, puisque cet excès de grandeur est une réalité, & non une apparence. Mais ce qui est remarquable, ce qui prouve la sagacité de son esprit, & l'instinct que la nature lui avoit donné pour le vrai, c'est que dans ces erreurs mêmes il se rencontre des vérités. En inventant ces causes (*a*), il a touché de très-près à deux phénomènes, qui n'ont été découverts qu'après lui : savoir, l'atmosphére solaire, & l'inflexion des rayons qui passent auprès de la lune, & qui réellement se réfractent dans son atmosphere pour aggrandir l'image du soleil.

§. XVIII.

Képler a traité de la parallaxe dans son astronomie optique ; il associoit la seconde de ces sciences à la premiere, pour dépouiller les phénomènes de toute illusion ; la parallaxe est une de ces illusions. Il passe au calcul des éclipses de soleil, qui en sont affectées, & il leur donne un usage & une utilité, en les appliquant à la recherche des longitudes terrestres (*b*).

(*a*) *Astron. opt.* p. 301 & 302.

(*b*) *Ibid.* p. 385 & suiv.

De l'obſervation des circonſtances de l'éclipſe, c'eſt-à-dire ; des inſtans du commencement & de la fin, du nombre des doigts éclipſés, &c. Képler déduit la poſition reſpective & apparente de la lune à l'égard du ſoleil. Les parallaxes pouvant toujours être calculées, il eſt facile de dépouiller de leur effet cette poſition apparente, de fixer pour un inſtant donné la vraie place de la lune, & ſa vraie diſtance au ſoleil ; alors, au moyen du mouvement connu des deux aſtres, on calcule l'inſtant où ils ont été en conjonction à l'égard du centre de la terre ; c'eſt la conjonction vraie. Cet inſtant eſt le même pour toute la ſurface du globe, toutes les obſervations de la même éclipſe, qui y ont été faites, doivent donner le même inſtant. Il ne peut y avoir de différence que celle de l'heure que l'on compte à la fois dans les différens lieux, à raiſon de la différence des méridiens (a) ; & cette différence des momens de la conjonction vraie dans les lieux divers eſt la différence des méridiens, ou des longitudes. Hypparque avoit donné un moyen de trouver les longitudes par les éclipſes de lune, Képler en ajouta un ſecond par les éclipſes de ſoleil ; & celles-ci, long-tems négligées des anciens comme inutiles, aſſujetties enfin à la regle, au calcul & aux beſoins de l'homme, lui devinrent auſſi utiles que les autres.

Képler perfectionna la méthode du calcul des éclipſes de ſoleil, par une de ces idées qui n'appartiennent qu'à un homme de génie. La parallaxe, continuellement changeante & différente pour chaque lieu, fait la difficulté de ces calculs ; Képler trouva le moyen de s'en débarraſſer (b). Lorſque nous voyons la lune paſſer ſur le ſoleil, & l'éclipſer en tout ou en partie, un obſer-

(a) *Suprà*, Tom. I, p. 114.

(b) Epit. Aſtr. Copern. p. 874. Tables Rudolphines, Chapitre XXXII, præc. 158.

vateur, qui feroit placé dans cet aftre, verroit au contraire la terre entrer dans l'ombre de la lune; & comme cette ombre eft trop petite pour contenir notre globe entier, ce fpectateur ne verroit que quelques régions, & fucceffivement différentes régions, qui fuffent entierement plongés dans cette ombre. Tous les fpectateurs, placés dans l'hémifphere du foleil, verroient au même inftant l'éclipfe de la même grandeur; la parallaxe de la lune n'y influeroit point, & cette *éclipfe de terre*, vue du foleil, feroit en tout femblable à une éclipfe de lune vue de la terre. Cette maniere d'envifager la queftion, de réduire un phénomène compliqué à un phénomène fimple, étoit neuve & heureufe. Le foleil voit la terre fous l'apparence d'un difque; la terre tourne fur elle-même, & les différens points du globe traverfent ce difque; felon que le foleil eft plus ou moins élevé au-deffus du plan de l'équateur, les cercles de leur révolution, à caufe de la projection, ont la forme d'ellipfes plus ou moins courbes, moins ou plus applaties. On peut tracer, par exemple, fur ce difque, la demi-ellipfe que Paris, vu du foleil, y doit décrire, & marquer fur cette route à chaque inftant le point où cette ville fera placée. Suppofons que la lune arrive entre le foleil & la terre, le foleil la verra paffer fur notre difque, on y pourra deffiner la trace de fon centre, décrire autour de ce centre le cercle de fon ombre (*a*). Chaque point de la terre qui s'y trouvera plongé, verra le foleil éclipfé, comme le foleil voit ce point éclipfé : l'éclipfe paroîtra d'autant plus grande que ce point fera plongé plus avant dans l'ombre, & s'il eft un inftant où ce point coincide avec le centre de cet ombre, l'éclipfe fera centrale. On peut donc calculer ces éclipfes comme on a calculé les éclipfes de lune; on pourra même, en les

(*a*) *Voyez* la figure II.

deſſinant ſur un plan, en déterminer à chaque inſtant les apparences, au moyen de la regle & du compas.

§. XIX.

Il eſt curieux de ſuivre la durée des préjugés, leur réſiſtance; de voir comment ils s'affoibliſſent par les vérités nouvelles, & comment ils ſubſiſtent encore long-tems avec elles. Képler avoit prouvé que la lune n'avoit que la lumiere qu'elle reçoit du ſoleil; il expliqua les phénomènes, qui avoient fait penſer aux anciens qu'elle brilloit auſſi de ſa propre clarté; mais il n'étendit pas d'abord cette vérité aux autres planetes. En 1602 il ſoutint une thèſe, où il tenta de prouver qu'elles brilloient de deux lumieres différentes, l'une empruntée du Soleil, l'autre qui leur étoit propre (*a*). Il introduiſit un rayon de la lumiere de Vénus avec un rayon lunaire dans une chambre obſcure; il les compara, & en remarquant que la clarté des images étoit dans le rapport de 4 à 1 (*b*), il vit que la ſcintillation de Vénus exiſtoit encore dans ſon image, tandis que la lumiere de la Lune étoit tranquille & ſans mouvement, d'ailleurs les planetes, telles que Saturne, Jupiter, Mars, Vénus & Mercure ont une lumiere colorée: la couleur & la ſcintillation lui parurent les caracteres d'une lumiere propre. Voilà quel fut ſon premier ſentiment; mais lorſque les téleſcopes furent inventés, lorſque Galilée eut montré que toutes les planetes avoient, comme la lune, un diſque argenté, une lumiere tranquille, enfermée & terminée par un cercle, au lieu que les étoiles brilloient par jets & par des rayons, comme un point réellement lumineux, Képler revint à ce ſentiment,

(*a*) *Aſtron. opt.* p. 261.

(*b*) Il y introduiſit également la lumiere de Jupiter & de l'Épi de la Vierge. Il penſoit que cette méthode pouvoit ſervir à déterminer les hauteurs & les azimuths des aſtres, p. 253.

& convint que toutes les étoiles étoient comme des ſoleils, & les planetes des globes opaques & des terres ſemblables à la nôtre (*a*).

§. XX.

C'ÉTOIT l'opinion de la haute antiquité, conſervée par quelques philoſophes, qui avoient enſeigné la pluralité des mondes habitables, & même la pluralité des ſoleils (*b*). Cette idée fut renouvelée par Jordanus Brunus, Napolitain, homme hardi & inquiet, né pour aimer ſur-tout le changement, pour fronder les opinions reçues. Il attaqua les vérités de la religion, parce qu'elles étoient crues & reſpectées, il attaqua la philoſophie d'Ariſtote, parce qu'elle étoit enſeignée dans les écoles : un eſprit qui s'éleve contre toutes les opinions des hommes eſt ſûr de rencontrer quelques vérités. Il faut convenir cependant que la maniere dont il ſaiſit l'idée de la pluralité des mondes annonçoit des talens, qui pour cette fois furent bien employés. Il établit que l'univers étoit infini, que l'éther étoit un vaſte eſpace ſans terme & ſans figure, où étoient ſemés tous les corps céleſtes : aucun d'eux n'occupe le centre de l'univers, parce que l'univers infini n'a point de centre. Les aſtres ſont de deux eſpeces, les ſoleils & les terres ; les ſoleils immobiles, les terres errantes autour d'eux, & dans ce nombre il comprend les cometes. Les planetes, qui tournent autour des différens ſoleils, ſont inviſibles pour nous, & le nombre de celles qui accompagnent le nôtre eſt inconnu. Il ajoutoit que la terre eſt habitable & à ſa ſurface & dans ſon intérieur, enfermant dans ſon ſein une infinité d'êtres que nous ne verrons jamais (*c*).

(*a*) Képler, *Diſſertatio cum nuncio ſidereo*, 1610, p. 22.

(*b*) Hiſt. de l'Aſtr. anc. p. 206, 213, 231.

(*c*) Weidler, p. 410. Le livre de Brunus eſt intitulé *de innumerabilibus, immenſo & infigurabili*. Il fut imprimé à Francfort en 1591.

Ces idées ont de la grandeur, ce ſont celles de la phyſique moderne. Il eſt fâcheux que celui qui aggrandiſſoit ainſi le monde, qui développoit l'ouvrage de la création, ait oſé méconnoître ſon auteur. Les eſprits remuans ne ſont pas toujouts utiles à la vérité ; elle eſt ſuſpecte & méconnue dans leur bouche : d'ailleurs les paroles de Brunus n'avoient aucune autorité, il n'étoit point aſtronôme. Les principes, les penſées de Copernic, de Tycho, de Képler faiſoient loi. On combattit ſes opinions, & elles n'ont été adoptées que lorſqu'elles furent repriſes par des eſprits plus ſages.

§. XXI.

Depuis que Tycho avoit vu naître & ſe perdre dans la conſtellation de Caſſiopée l'étoile de 1572, aucun phénomène de ce genre ne s'étoit montré dans le ciel; ils ſembloient réſervés aux grands aſtronômes, tels qu'Hypparque & Tycho. Blaeu apperçut une étoile inconnue dans la poitrine du Cigne (*a*) ; mais on doutoit ſi elle étoit réellement nouvelle. Lorſque Képler, né pour ſurpaſſer Hypparque & Tycho par le génie, eut le bonheur de jouir de ce ſpectacle ſi rare, c'étoit en 1604, cette année étoit la premiere du grand cycle de 800 ans, commençant par la triplicité du feu, & le huitieme depuis l'origine du monde. Les aſtrologues qui avoient encore une grande influence, étoient attentifs à ce renouvellement. Jupiter & Saturne devoient ſe rencontrer dans le Sagittaire au mois de Décembre 1603, Mars devoit, en 1604 atteindre ſucceſſivement Saturne & Jupiter, pour compléter la conjonction (*b*). Ceci nous fait connoître ce que les anciens entendoient par conjonction ; ils ne la reſtreignoient ni à un moment, ni

(*a*) *De ſtellâ novâ in pede Serpentarii*, 1606, p. 164.

(*b*) *De ſtellâ novâ in pede Serpentarii*, 1606, p. 1.

même

même à un jour, il suffisoit que plusieurs planetes fussent unies dans un petit espace du ciel, & qu'ensuite elles s'atteignissent successivement dans le cours d'une année.

La conjonction de Mars & de Jupiter avoit dû arriver le 9 Octobre. Le 10, les nuées s'étant ouvertes un moment après le coucher du Soleil, on apperçut trois astres au lieu de deux (a). Le troisieme étoit une étoile au pied du Serpentaire. Képler ne la vit & ne l'observa que le 17 Octobre : elle étoit ronde, sans queue, sans barbe, ni chevelure; sa couleur étoit blanche, & quelquefois mêlée de rouge; elle étoit moindre que Vénus, mais plus apparente que Jupiter ne l'étoit alors; elle parut tout-à-coup, & avec éclat; elle scintilloit comme les autres étoiles, & étoit comme elles sans mouvement (b). Le 3 Janvier 1605 elle commença à diminuer, le 18 Octobre elle fut effacée par l'approche du soleil, on ne la revit plus, & elle s'est perdue entre le 18 Octobre 1605 & le 6 Février 1606.

§. XXII.

KÉPLER commence le livre qu'il a écrit sur cette étoile par les conséquences astrologiques de son apparition. Il s'est cru obligé de débuter ainsi, ce qui doit être remarqué pour connoître l'esprit du siecle. Mais il ne le fait pas en homme persuadé; au contraire il reconnoît la vanité de cette science, il la regarde comme une maladie de l'esprit humain (c). Qu'on nous permette une réflexion. Il y avoit à peine cinq ans que Tycho étoit mort; Képler avoit été son disciple & son admirateur; comment un si petit intervalle de tems met-il tant de

(a) *De stellâ novâ*, p. 2. Elle fut apperçue à Prâgue par Brunokius.

(b) *Ibid.* p. 4 & 6.

(c) *Ibid.* p. 10.

différence dans les opinions? Cette différence eſt celle de l'éducation, & ſur-tout du génie. Tycho n'étoit point revenu ſur la croyance de ſa jeuneſſe; Képler, quand ſon génie a été développé, examinoit tout à ſon flambeau.

Il nie que les noms des ſignes du zodiaque ayent aucun rapport avec leurs vertus prétendues. Képler eſt obligé de montrer, par le raiſonnement, que des eſpaces vides, diviſés arbitrairement par les hommes, ne peuvent avoir aucune action; & que les aſpects des aſtres, s'ils ont des influences, ne laiſſent dans ces eſpaces aucune vertu, lorſque ces aſtres n'y ſont plus. Il combat également l'opinion que les influences des étoiles ont un rapport naturel avec leurs noms. Ces noms ſont arbitraires & de l'invention des hommes. Comme les levers des étoiles ont réglé long-tems les travaux de la campagne, on a pu nommer *Ariſta* l'étoile dont le lever annonçoit la moiſſon, *Vindemiatrix* celle qui paroiſſoit au tems de la vendange; mais il eſt ridicule de croire que cette méthode ait été employée dans l'impoſition des autres noms. Les étoiles ont été nommées dès qu'elles furent connues, & bien avant que l'expérience eût déterminé ce qu'elles pouvoient annoncer (*a*). Lorſqu'on voit d'un côté Tycho défendre cette erreur, & de l'autre Képler l'attaquer, du moins en détail, ces ſoins ſi différens de deux grands hommes prouvent quel étoit encore l'empire de la ſuperſtition.

§. XXIII.

Ce n'eſt pas que Képler fût tout-à-fait libre du préjugé : il croit encore que les conjonctions des planetes peuvent avoir quelqu'effet ſur les choſes ſublunaires; il cite volontiers la

(*a*) *De ſtellâ novâ*, p. 20.

coincidence des grands évenemens politiques, des révolutions des empires avec les grandes conjonctions des planetes. On voit chez lui le combat de sa raison naturelle & de l'erreur commune; son esprit éclairé tend à s'élever, mais il est retenu par le contrepoids de l'habitude (a): sa sagesse fut de douter & des dogmes astrologiques, & des raisonnemens qui les combattent. Il censure Pic de la Mirandole, qui s'étoit déclaré l'ennemi des astrologues; il lui objecte que si le soleil & la lune, dans leurs conjonctions, ont quelque influence sur la terre, la rencontre de Saturne & de Jupiter doit avoir quelque effet. Les deux grands luminaires sont plus près de nous, mais leurs conjonctions passent plus vîte: celles des astres les plus éloignés, mais les plus lents, durent plus long-tems, & leurs effets s'accroissent en s'accumulant. Au reste voici comment Képler concevoit les influences des astres, il les comparoit à l'action des objets sur les sens; les astres agissent sur les choses terrestres comme la lumiere sur l'œil, le son sur l'oreille, la chaleur sur le tact (b). Quand la raison se place à côté de l'erreur, pour la suivre, celle-ci est bientôt démasquée. Les prédictions hasardées, les rêveries absurdes des astrologues décréditoient l'art: mais l'apologie de Tycho, les explications les plus favorables de Képler faisoient tort à l'astrologie; car les gens sensés, qui naissent pour apprécier & les opinions & ceux qui les ont établies, pouvoient juger de la cause, en comparant le mérite éminent de ses défenseurs avec la foiblesse de leur défense.

§. XXIV.

KÉPLER passe à des objets plus dignes de son attention;

(a) *De stellâ novâ*, p. 27.

(b) *Ibid.* p. 30.

curieux de connoître l'aſtre nouveau, il s'occupe de l'eſtimation de ſa diſtance, de la recherche de ſa parallaxe; mais ſa diſtance étoit trop grande, Képler ne lui trouva point de parallaxe, ou du moins s'il en exiſtoit une, elle étoit confondue avec l'erreur inévitable des obſervations. Il paroît qu'on évaluoit alors cette erreur à deux minutes, quantité qui eſt à peu près celle qu'on ſuppoſoit à la parallaxe du ſoleil. Képler démontre donc que dans le ſyſtême de Ptolémée l'étoile nouvelle eſt au moins auſſi éloignée que le ſoleil. Cette hypothèſe étoit encore placée de front à côté de l'hypothèſe de Copernic, mais celle-ci gagnoit tous les jours, elle offroit un moyen plus sûr & plus exact de déterminer la diſtance des aſtres. Képler, après avoir obſervé l'étoile pendant ſix mois, ne remarqua aucun changement dans ſa poſition. La Terre avoit cependant parcouru la moitié de ſon orbite; elle s'étoit tranſportée d'une extrémité du diametre à l'autre; ſoixante millions de lieues de différence dans le lieu de la Terre font changer de 6° le lieu de Saturne. Celui de l'étoile n'en fut point affecté, du moins à cela près de l'erreur des obſervations; ſi ce lieu eût varié de deux minutes, la parallaxe annuelle auroit été encore 180 fois plus petite que celle de Saturne. L'étoile eſt donc au moins 180 fois plus éloignée de nous que Saturne, ou 1800 fois plus que le Soleil (*a*). Képler fut donc fondé à placer le nouvel aſtre parmi les étoiles fixes dont la diſtance ſe refuſe à nos meſures; & s'il n'en put atteindre la connoiſſance, il poſa des limites, en montrant que cette diſtance ſurpaſſoit plus de 1800 fois celle du ſoleil; & la préciſion des moyens des deux ſyſtêmes eſt auſſi dans ce rapport.

(*a*) *De ſtellâ novâ*, pag. 80 & 82.

§. XXV.

La cause de la ſcintillation des fixes occupa Képler ; il penſe qu'elles ont un mouvement de rotation qui en eſt la ſource ; il les compare au diamant, où le mouvement fait éclorre les couleurs de l'arc en ciel. Il dit que comme les étoiles ont des couleurs aſſez conſtantes, ces nuances tiennent à leur nature & à leur configuration. Les étoiles peuvent être anguleuſes comme le diamant taillé ; il n'eſt pas néceſſaire qu'il ſe faſſe une révolution à chaque ſcintillation, il ſuffit qu'elles ſoient ſemées de parties plus brillantes les unes que les autres *(a)*. Cette explication, quoiqu'ingénieuſe, eſt détruite depuis que le mouvement de rotation des planetes a été découvert, car ces planetes ne ſcintillent pas. Scaliger, à peu près dans le même tems, donna une meilleure raiſon du phénomène *(b)* ; il attribuoit la ſcintillation à l'agitation de l'air, ou plutôt au mouvement des vapeurs qui y nagent. Une particule intercepte un rayon de lumiere, elle paſſe, la lumiere reparoît ; cette ſucceſſion, cette alternative d'une lumiere enlevée & rendue produit le tremblement ou la ſcintillation des étoiles : c'eſt juſqu'ici la cauſe la plus vraiſemblable. Dans certains climats où l'air eſt très-pur, on n'a point, dit-on, remarqué ce phénomène ; mais les témoignages ne ſont ni aſſez clairs, ni aſſez uniformes. Il ſeroit à ſouhaiter que ceux qui ſont montés ſur les hautes montagnes, y fuſſent reſtés pendant la nuit, pour faire attention à cet effet, & euſſent obſervé ſi la ſcintillation avoit lieu.

§. XXVI.

On juge bien que dans un tems où l'aſtrologie dominoit

(a) *De ſtellâ novâ*, p. 94.

(b) *In Exercitat.* p. 63.

encore, où la philosophie d'Aristote régnoit dans les écoles, on s'occupoit de beaucoup de questions oiseuses & insolubles. Képler se fatigue pour les résoudre. On demandoit quelle étoit la matiere de l'étoile (a)? Si cette matiere existoit auparavant, ou si elle avoit été créée exprès (b)? Si l'étoile étoit descendue des profondeurs du ciel pour s'avancer dans la région des fixes visibles (c)? Ces questions avoient déjà été agitées en 1572: l'ignorance & le préjugé n'ont qu'une allure, & ils se répetent depuis le commencement du monde. La derniere de ces questions étoit la seule qui méritât un examen & une réponse. Mais, dans les choses nouvelles de la nature, il est souvent plus aisé de dire les causes qui n'agissent pas, que de pénétrer celles qui ont agi. Képler établit que si cette étoile a un mouvement circulaire, à la maniere des planetes, par lequel elle s'approche & s'éloigne de nous, ce mouvement doit changer son lieu dans le ciel. Si l'on dit que l'effet en est insensible, il répond que l'étoile est cependant visible, & il est ridicule de prétendre que l'étoile le soit, & que l'orbe qu'elle décrit, qui doit être considérablement plus étendu que son globe, soit insensible à la vue. L'étoile ne doit pas non plus s'être avancée en ligne droite; car alors pourquoi ne marche-t-elle point à pas égaux? Pourquoi a-t-elle paru tout-à-coup, tandis qu'elle s'est éteinte peu à peu? D'ailleurs Képler objecte encore qu'il n'y a point d'espace pour ce mouvement dans l'univers; il s'éleve contre Brunus, & contre son opinion de l'étendue infinie du monde. Quelques disciples de Copernic étendant ses principes, & enchérissant sur ses idées, disoient déjà que les étoiles les plus proches étoient séparées par des distances égales à celles de la terre aux étoiles mêmes.

(a) *De stellâ novâ in pede Serpentarii*, pag. 97.

(b) *Ibid.* p. 100.

(c) *Ibid.* p. 104.

Képler demandoit dans quel ſens on devoit placer cette diſtance ? Suppoſons deux étoiles, qui à la vue ſemblent très-près l'une de l'autre ; ſi l'on rapproche une de ces étoiles, en la faiſant marcher vers nous, elle doit acquérir une parallaxe ; leur éloignement eſt donc égal. La diſtance ne peut être non plus dans leur écart, dont les yeux démontrent la petiteſſe. Mais Képler oublioit que ſi dans le ſyſtême de Copernic le diametre de notre orbe n'eſt vu des étoiles que comme un point, la plus petite diſtance entr'elles, & telle qu'elle paroît à notre vue, peut être énorme. Képler ne permettoit pas qu'on reculât une des deux étoiles dans les profondeurs du ciel, parce qu'il y trouvoit l'inconvénient de multiplier les eſpaces vides qu'on avoit reprochés à Copernic. Il ſe plaint qu'on abuſe du ſyſtême de ce grand homme (*a*). Képler avoit beaucoup de philoſophie, il étoit zélé pour ce ſyſtême, mais il étoit timide, comme on l'eſt toujours avec la vérité nouvelle. Il craignoit de trop étendre des concluſions déjà étranges, déjà trop fortes pour la plupart des eſprits. Les conſéquences d'un principe ne doivent pas être préſentées à la fois, elles ne peuvent être admiſes que ſucceſſivement. L'ame ſe nourrit de la vérité, mais nos forces ne s'augmentent que par l'uſage modéré des alimens.

L'infini ſans bornes effrayoit Képler lui-même ; accoutumé aux idées de limites, de cercles, de centre, il demandoit où étoit le milieu de cet eſpace. Il ne pouvoit concevoir que ce milieu, ce centre fût partout & ne fût nulle part ; cette contradiction le choquoit ; mais la contradiction naît de ce qu'il compare des choſes incomparables. L'idée de milieu tient à celle de limites, elle n'appartient qu'à un eſpace borné. Il eſt

(*a*) *De ſtellâ novâ*, p. 106.

donc insensé, & contre la nature des choses, de chercher dans l'infini ce qui est l'essence du fini. Ces difficultés, ces incertitudes de Képler prouvent ce que nous avons avancé, lorsque nous avons parlé d'Aristarque & de son idée de la distance infinie des étoiles (*a*). Si un grand homme comme Képler, si une tête philosophique a tant de peine à admettre l'infini dans toute son étendue, & dans sa vérité, après avoir été cependant précédé d'Aristarque & de Copernic, les deux premiers apôtres connus de l'infini, combien cette idée a-t-elle été difficile à imaginer, puisqu'elle est si difficile à recevoir ! Nous n'y sommes parvenus que par extension, en devenant plus hardis, & en convenant de bonne foi qu'il est bien des choses de la nature que nous ne concevrons jamais, pour lesquelles il nous manque des sens, & qui existent à notre égard comme les sons & les couleurs existent pour les sourds & pour les aveugles.

§. XXVII.

Képler, développant la pensée de Tycho, que ces étoiles nouvelles étoient produites de la matiere céleste, de la matiere condensée de l'éther, donne à ces idées la tournure philosophique que Tycho ne s'étoit pas embarrassé de leur donner. S'il se trompe comme lui, c'est en homme plus éclairé sur la physique; ses vues sont grandes, générales, & ses erreurs sont mêlées à des vérités.

Nous avons déjà parlé de la couronne lumineuse qui enveloppe le soleil dans ses éclipses totales. Naples vit ainsi cet astre couvert par la lune au mois d'Octobre 1605. Képler attribuoit cet effet à des parties plus denses de l'éther, amassées

(*a*) *Suprà*, Tome I, p. 24.

autour

autour du soleil ; c'est à cette source qu'il puise la matiere nécessaire pour former les nouvelles étoiles (*a*). Mais il lie ce phénomène à la physique générale, & pour l'expliquer, il se place à une grande hauteur. Toutes les parties de la nature sont douées d'une vertu créatrice : l'homme nourrit des animaux nés de sa substance ; les teignes habitent les toisons des brebis ; la mousse croît sur l'écorce des arbres ; l'eau produit les poissons, les grenouilles, les sang-sues ; l'air les mouches, les scarabées, les papillons ; la terre fait germer & mûrir les métaux & les plantes. Dieu a donc répandu partout une faculté génératrice ; cette faculté c'est la chaleur : elle existe dans le vague de l'air & des cieux comme dans les profondeurs de la terre. L'éther qui est liquide, ne peut être tel que par la chaleur ; Képler l'assimile aux liqueurs du globe de l'œil, dont une température douce conserve la liquidité & la transparence. Cette chaleur peut donc produire dans les espaces infinis, comme Dieu a permis qu'elle produisît sur la terre. Képler considere les globes, les étoiles comme les habitans de l'éther ; ils y vivent, ils y sont nés comme les papillons dans l'air (*b*), comme les plantes, comme les animaux qui sortent du sein de la terre pour l'embellir par leur existence, & pour lui rendre par leur mort la fécondité qu'ils en ont reçue. Les essais d'une philosophie commençante avoient besoin d'être rectifiés ; l'art des rapprochemens, si utile à la découverte de la vérité, peut avoir ses abus. On sera étonné de voir comparer la production des corps célestes à celles des êtres vivans. Mais ne blâmons point ces applications de la nature terrestre & familiere aux phénomènes de la nature éloignée ; elle est partout semblable à elle-même. Les causes ont été inconnues tant que les

(*a*) *De stellâ novâ*, p. 115 & 120.

(*b*) *Ibid.* p. 123.

hommes, pénétrés de respect pour cette grande nature, ont posé une barriere entre les choses du ciel & celles de la terre; dès que l'homme a osé croire qu'il avoit en lui & autour de lui la mesure & l'exemple de tout ce qui existe, il a tout rapporté, tout comparé à lui-même, & il a pu tout connoître. C'est avec la coudée, avec la longueur de son bras, qu'il a mesuré le globe & l'univers; c'est par les petits faits de son existence, par les propriétés des êtres foibles qui l'entourent, qu'il a développé les phénomènes généraux de la nature.

§. XXVIII.

Képler étoit très-savant, c'est ce qui forma en lui l'esprit philosophique par lequel il est distingué. Ses premiers ouvrages ne furent que les amusemens de ses loisirs, il étoit destiné à de plus grandes choses. L'union de l'optique & de l'astronomie avoit préparé celle de la physique générale à cette derniere science. Cette application est la marque de son génie & l'origine de ses succès.

Képler, physicien autant qu'astronôme, considéra la nature comme un tout dont l'ensemble & les détails ont la même source, & dans lequel les petites choses s'operent par le même mécanisme que les plus grandes. Cette premiere pensée est une découverte & une vérité très-féconde : de là des applications sans nombre, des comparaisons multipliées, d'où sortent des rapports & des vérités. Cette pensée fut la regle de ses travaux, elle est devenue la base de la physique & de l'astronomie; & si Képler, en voyant beaucoup, n'a pas tout vu, nous sommes aujourd'hui guidés par sa pensée, & nous voyons encore par ses yeux.

Emporté presque invinciblement vers la connoissance des causes, Képler ne rencontra pas un fait dont il ne cherchât l'explication. Tycho modéra quelque tems cette ardeur, en le

rappelant aux faits & aux obſervations, en lui fermant même les dépôts où ils étoient contenus. Mais lorſque la mort de Tycho fit paſſer ces dépôts à ſon ſucceſſeur, il y vit un immenſe recueil de vérités, il les conſidéra comme les matériaux de l'édifice du monde ; peut-être y voyoit-il déjà l'ordre de l'univers, les cauſes du mouvement, & les loix de la nature, comme un ſtatuaire habile apperçoit dans la maſſe d'un bloc de marbre une belle figure, dont l'attitude & les proportions exiſtent dans ſa tête. Il médita ces obſervations pendant ſept ans, avec une ſagacité égale à ſa perſévérance ; & ces ſept années produiſirent le commentaire ſur les mouvemens de Mars, l'un des plus beaux ouvrages qui ait jamais été exécuté par l'homme, armé de la patience & du génie.

§. XXIX.

Un heureux haſard porta ſes méditations ſur les mouvemens de cette planete, qui offroit en même tems plus de difficultés & plus de moyens pour les réſoudre. Après Mercure, qu'on ne peut obſerver que rarement, c'eſt la plus excentrique de toutes les planetes ; quelle que ſoit la cauſe qui les écarte d'une orbite circulaire, il eſt évident que les effets doivent être ici plus marqués & plus multipliés ; voilà les difficultés : une courſe plus rapide, une révolution plus ſouvent recommencée multiplie les obſervations ; voilà les moyens de ſolution. Képler raconte (*a*) que Rheticus, diſciple diſtingué de Copernic, avoit deſiré de réformer l'aſtronomie, mais qu'étonné du mouvement de Mars, il n'avoit jamais pu l'expliquer. Rheticus invoqua ſon génie familier, qui apparemment fâché d'être interrompu, le ſaiſit par les cheveux, l'éleva au plafond,

(*a*) *Comment. in ſtellam Martis, Epiſt. dedic. ad Rodolph. II.*

& le laiſſa tomber ſur le plancher, en lui diſant : *voilà le mouvement de Mars.* C'eſt le deſir d'une imagination échauffée, & le déſeſpoir d'un eſprit perdu dans la complication des effets. Képler ne raconte cette viſion prétendue que pour montrer la difficulté du labyrinthe où il avoit oſé entter, & d'où ſon génie l'avoit fait ſortir avec gloire.

§. XXX.

KÉPLER commence pat poſer des principes phyſiques, il développe l'idée de la gravité, que les anciens ont eue, & qui lui avoit été tranſmiſe par Copernic. Mais on va voir combien cette idée s'étoit aggrandie en paſſant par ſa tête.

Toute ſubſtance corporelle, en tant que matiere, eſt de nature à reſter en repos, lorſqu'elle eſt iſolée, & hors de la ſphere d'activité des corps qui ont de l'affinité avec elle. La gravité eſt l'affection que les corps doués de ce rapport ont pour s'unir enſemble ; la force magnétique en eſt un exemple. Cette faculté eſt générale ; mais le globe de la terre tire plus un caillou que le caillou ne tire la terre. Les corps ne ſont point portés à ſon centre, comme au centre du monde, mais comme au centre des choſes, qui ſont de la même eſpece & de la même famille. En quelque lieu que vous tranſportiez la terre, vous y tranſporterez le centre de cette tendance. Si la terre n'étoit pas ronde, les corps ne feroient point portés en ligne droite au point milieu, mais ils tendroient à différens points. La ſeule erreur qu'on mêloit à ces vérités, c'eſt qu'on regardoit cette force comme animale. Tout eſt nuancé dans les progrès des hommes ; entre l'ame que les anciens accordoient aux planetes, & la force inhérente à la matiere que Newton a découverte, eſt placée la nuance, l'idée intermé-

diaire d'une force animale, que l'on croit le principe du mouvement (*a*).

Si la terre & la lune, continue Képler, n'étoient pas retenues chacune dans leurs orbites par une force animale, la terre monteroit vers la lune de la cinquante-quatrieme partie de leur diſtance, & la lune feroit, en deſcendant, le reſte du chemin pour s'unir à elle. La ſphere d'activité, dont la lune eſt le centre, s'étend juſqu'à la terre, & attire les eaux dans la zône torride. La lune paſſe au zenith, les eaux ſuivent ſon cours, & montent avec elle, plus ſenſiblement dans les mers ouvertes & profondes, avec moins de liberté dans les mers méditerranées & dans les golfes. L'air ſuit le même cours, & de là naît le vent d'eſt, qui ſouffle entre les tropiques. Nous nous arrêtons avec plaiſir ſur les idées philoſophiques de Képler, & ſur les endroits où il ſemble avoir deviné les penſées des grands hommes qui l'ont ſuivi. Il remarque que ce flux des eaux eſt la cauſe des ſyrtes & des amas de ſable. Les îles ſont formées ou détruites dans les paſſages reſſerrés où s'établiſſent des tournans d'eau; la terre légere & fertile des Indes ſemble avoir été plus creuſée, plus travaillée par ce flux & ce déluge ſucceſſif, aidé de quelque mouvement général de la terre. Les Moluques, qui appartenoient autrefois à la Cherſoneſe d'or, & tenoient par elle à la terre ferme; les Maldives, qui ſont les reſtes de l'île Taprobane, ſont les produits de ces grandes & longues opérations, & les preuves que le globe ſillonné par la mer, eſt alternativement figuré & défiguré par elle (*b*).

De cette action de la lune, étendue juſqu'à la terre, il ſuit

(*a*) Képler nous paroît cependant en douter; car il dit : par une force animale, ou par quelque choſe d'équivalent.

(*b*) *Comment. in ſtellam Martis, in introd.*

qu'à bien plus forte raiſon l'action de la terre s'étend juſqu'à la lune. Combien Képler eſt ici proche de Newton! Aucune portion de la matiere qui exiſte ſur la terre, qui la compoſe, ne peut s'élever & échapper à ce lien puiſſant. Il n'y a rien de leger, tous les corps ſont matériels : la légeteté n'eſt qu'une moindre peſanteur (*a*).

§. XXXI.

KÉPLER ſe propoſa d'examiner les différentes hypothèſes qui l'avoient précédé ; les phénomènes du mouvement n'avoient été ni approfondis, ni médités ; il eſt le premier qui ait tenté de les éclairer par des principes métaphyſiques. Tycho ayant détruit ſans retour les cieux ſolides que Purbach avoit rétablis, il falloit bien concevoir que le mouvement s'exécute dans l'eſpace vide & libre. Alors le moteur a deux fonctions, l'une de tranſporter le corps de la planete ; l'autre, qui eſt une eſpece de ſcience, conſiſte à lui faire trouver la ligne circulaire dont il ne doit pas s'écarter. Képler, avec ſon œil d'aigle, pénetre l'eſſence du mouvement ; il s'éleve contre Ariſtote, contre toute l'antiquité, qui avoit admis des mouvemens primitivement & réellement circulaires : il connoît déjà trop bien la nature pour y appercevoir ce mouvement. Tout mouvement s'exécute en ligne droite, c'eſt la loi du créateur, c'eſt la nature des choſes qui le veut ainſi. Nous pouvons retrouver l'enchaînement des idées de Képler. Quelle que ſoit la cauſe qui tranſporte un corps d'un lieu à un autre, c'eſt l'effet d'une impulſion, c'eſt la ſuite d'un effort intérieur ou extérieur ; mais une impulſion, un effort agit dans une direction ; tat que la cauſe reſte la même, la direction ne change pas. Une cauſe premiere,

(*a*) *Comment. in ſtellam Martis, in introduc.*

un principe de mouvement doit être ſimple & invariable, ſes effets doivent être également ſimples, & les variations annoncent un effet compoſé. Conſidérons un corps qui ſuit une ligne droite : ſi la faculté de ſe mouvoir, ſi la force qui tranſporte les corps eſt un myſtere de la nature, du moins le ſecond pas eſt pareil au premier ; on reconnoît la même cauſe à des effets ſemblables, & le ſecond pas eſt conçu par cette ſeule raiſon que le premier a été fait. Mais ſi nous ſuivons un corps qui parcourt un cercle, nous le voyons à chaque pas changer d'aſpect ; il regarde ſucceſſivement les différens points du monde ; ſi ſa vîteſſe eſt conſtante, ſa direction varie. Outre la cauſe qui le fait mouvoir, il eſt donc une autre cauſe qui la modifie, qui détourne le corps de ſa route. On peut donc conclure que tout mouvement circulaire, ou dans une courbe quelconque, eſt dû à pluſieurs cauſes : l'eſſence du mouvement eſt de s'exécuter en ligne droite. C'eſt ainſi que Képler déroboit à Deſcartes l'invention de la premiere loi du mouvement, & la premiere vérité de toutes les ſciences qui ont le mouvement pour objet.

Il appuie cette métaphyſique de quelques vues profondes & juſtes. Tous les mouvemens du corps humain ſont produits par les muſcles, qui tirent conſtamment en ligne droite. C'eſt la multiplicité des muſcles qui produit le mouvement de flexion en rond, l'ame choiſit ceux qui doivent l'exécuter. Si la nature avoit une cauſe ſimple pour le mouvement circulaire, cette cauſe eût été employée à l'économie des fonctions animales ; elle ne manqueroit pas dans la machine de l'homme, la plus parfaite des choſes exiſtantes, & peut-être l'ouvrage le plus ſoigné du créateur (*a*). Quelque ſpécieuſe que ſoit cette raiſon,

(*a*) *In ſtellam Martis*, pag. 8.

elle auroit été susceptible de réponse; mais elle venoit à l'appui de considérations profondes & vraies sur la nature du mouvement; elle tenoit d'ailleurs au principe qui a toujours guidé Képler, c'est que la nature ne peut être éclairée que par sa comparaison avec elle-même, & que partout où elle opere, elle a la même marche & les mêmes moyens.

§. XXXII.

Dès que les cieux sont de grands espaces vides sans routes marquées, sans barrieres, pour empêcher les écarts, dès que le mouvement circulaire n'existe pas de soi-même dans la nature, il faut donc concevoir, comme quelques anciens (a), que la planete, en décrivant un cercle, est animée par une intelligence assujettie à regarder constamment le centre, pour rester toujours à la même distance; ou bien il faut que le génie substitue à ces idées vieilles & absurdes quelque cause nouvelle, plus conformes à la nature & à la vérité. En attendant, Képler combat ce préjugé, grossi par la rouille de plusieurs siecles, avec une force qui montre la supériorité du philosophe, & en même tems avec un acharnement qui prouve la résistance des esprits. Il parcourt les différens systêmes, & les détails multiplient les absurdités. Dans le systême de Copernic, la lune, par exemple, se meut dans un épicycle, dont le centre parcourt un second épicycle, tandis que le centre de ce dernier suit une circonférence excentrique à la terre. Il faut une attention particuliere pour chaque centre; il faut donc trois intelligences pour ces trois centres (b). L'hypothèse plus moderne, fondée par un astronôme éclairé, par Tycho lui-même, n'étoit pas plus exempte de ces inconvéniens. Elle avoit encore

(b) Hist. Astron. anc. p. 245.

(b) *In stellam Martis*, p. 14, 39.

des

des épicycles ; les planetes, en marchant, ſont donc obligées d'avoir égard au centre de leur épicycle dans lequel elles tournent, au ſoleil qu'elles enveloppent dans leur cours, & à la marche de cet aſtre qu'elles doivent ſuivre autour de la terre. Ce n'eſt pas tout, le ſoleil n'eſt pas au milieu de leur orbe, la révolution qu'elles font n'eſt pas préciſément autour de cet aſtre, c'eſt autour d'un centre fictif, d'un point, qui ſans étendue, ſans force, ſans exiſtence viſible, ſemble tout régir & tout animer. Sans connoître les cauſes du mouvement des planetes, l'eſprit conçoit que la même raiſon, qui aſſujettit ces aſtres à accompagner le ſoleil, doit les forcer de circuler autour de lui, & non autour d'un centre idéal (a). D'ailleurs, comment dévorer l'abſurdité de faire mouvoir le centre d'un épicycle ; ce centre eſt encore un point ſans étendue. Képler paroît avoir connu le principe, que le mouvement eſt lié à la matiere, de maniere que s'il ne lui eſt pas eſſentiel, du moins il ne peut pas exiſter ſans elle ; & ce principe, deſtructeur de tant d'idées bizarres & fauſſes, fut un des rayons de ſon génie. Les cieux ſolides étoient moins abſurdes & plus admiſſibles que ces rêveries ; la ſolidité oppoſe des obſtacles, qui deviennent la regle du mouvement des planetes. L'imagination a du moins quelque choſe où ſe prendre ; elle voit des murailles qui fixent des bornes, des rainures par où les corps tombent & circulent ; elle voit les raiſons de la liberté & des obſtacles. Mais cette ſolidité des cieux ayant été détruite par Tycho, les épicycles devoient tomber après elle. Leur chûte attendoit une main hardie, qui osât toucher à cette ancienne architecture. Copernic, dans ſon nouveau ſyſtême, avoit laiſſé ſubſiſter ces reſtes de la vieille aſtronomie de Ptolémée, comme

---

(a) *In ſtellam Martis*, p. 47.

les architectes ont quelquefois mêlé les ornemens gothiques à l'ordonnance greque & romaine. Képler ne se permit point ce mélange ; il ne vit dans l'univers que des corps massifs, transportés dans un espace libre ; il leur falloit une route qu'ils suivissent sans effort, sans intelligence, & une cause pour la leur faire parcourir : Képler trouva la route, la cause attendoit Newton.

§. XXXIII.

PRESQUE toutes ces vues appartiennent à la jeunesse de Képler. Si les hommes, qui ont avancé les sciences par leurs travaux, si ceux à qui il est donné d'éclairer le monde, veulent revenir sur le chemin qu'ils ont fait, ils verront que les idées les plus belles, les plus grandes, sont les idées de leur jeunesse, muries par le tems & par l'expérience. Elles sont renfermées dans les premiers essais, comme les fruits dans les boutons du printems. Képler, à peine âgé de trente ans, avoit communiqué ses vues à Tycho : elles produisirent entr'eux des débats. On écoute avec peine un jeune réformateur. Képler attaquoit une erreur au moins aussi ancienne que le renouvellement de l'astronomie ; elle datoit de Ptolémée, elle avoit été suivie par la foule de ses imitateurs, & par Tycho lui-même. Dans le grand usage que l'on faisoit des oppositions des trois planetes supérieures, on déterminoit ces oppositions relativement au lieu moyen du soleil. C'étoit chercher à établir la vérité sur des mensonges, sur des rapports évidemment faux ; les astronômes ne peuvent ignorer que les positions moyennes n'existent point : c'est une supposition du calcul pour arriver à connoître les positions vraies. Rappelons les principes : les planetes se meuvent inégalement dans leur orbite, leurs inégalités sont réparties dans les différens points de cette orbite, & reviennent

les mêmes, lorsqu'après une ou plusieurs révolutions la planete se retrouve dans les mêmes points. Il faut donc connoître le lieu de la planete dans son orbite, pour connoître son inégalité ; c'est à quoi sert le moyen mouvement ; il donne le lieu moyen de la planete, le lieu où elle seroit si elle n'avoit point d'inégalité : alors on calcule cette inégalité pour corriger le lieu moyen, & connoître le lieu vrai ou apparent, qui est celui où nous voyons réellement les astres dans le ciel. Pourquoi compare-t-on le lieu des planetes à celui du soleil, c'est pour avoir le rapport de leurs mouvemens, c'est parce qu'on ne connoît un mouvement qu'en le comparant à un autre ? Mais pour avoir des résultats exacts, il faut prendre ces mouvemens tels qu'ils sont dans la nature, les mouvemens vrais donnés par l'observation, & non les mouvemens moyens déduits d'une hypothèse fausse. Tycho n'entendoit point ces raisons : il prétendoit que les oppositions devoient être rapportées au lieu moyen du soleil, sans quoi on ne pouvoit représenter les observations (a).

§. XXXIV.

Képler, emporté par l'enthousiasme de la vérité, par l'ardeur de son âge, & peut-être aussi par l'envie d'avoir raison contre un grand homme, entreprit des calculs énormes. Les dimensions des orbites des planetes, établies sur l'ancienne hypothèse, lui étoient suspectes ; il établit de nouveau celles de l'orbite de Mars, en rapportant les oppositions au lieu vrai du soleil. Il employa une orbite circulaire, suivant l'usage du tems, & il détermina l'excentricité avec autant d'exactitude que cette hypothèse le comporte ; mais comme il entrevoyoit

(a) Arg. du chap. I, dans la table *in stellam Martis*.

une exactitude plus grande, il fit des efforts incroyables. Les logarithmes n'étoient pas inventés, le calcul n'étoit pas alors si facile qu'il l'est aujourd'hui. Chacun de ces calculs occupe dix pages *in-folio*; il les répéta jusqu'à 70 fois : 70 calculs font donc 700 pages. Les calculateurs savent combien on fait de fautes, combien il faut recommencer, & le tems qu'exigent 700 pages de calcul (*a*). Cet homme étoit étonnant, son génie n'étoit point rebuté de ces recherches minutieuses & pesantes, & ces recherches n'usoient point son génie.

Avec ces élémens, Képler calcula douze observations de Mars opposé au soleil, faites par Tycho lui-même, & il montra que ces observations étoient beaucoup mieux représentées lorsqu'on les rapportoit au lieu vrai, que lorsqu'on les rapportoit au lieu moyen du soleil : sa méthode étoit donc préférable ; elle approchoit plus de la vérité, & l'auteur l'emportoit sur Tycho. Mais Képler étoit trop grand pour ne lui pas rendre justice ; il déclare qu'un excellent observateur tel que Tycho, est un présent de la bonté divine pour la perfection de l'astronomie, & que la reconnoissance de ses successeurs doit être d'établir des théories aussi bonnes que ses observations (*b*).

Cette méthode ne suffisoit pas cependant encore : en représentant la longitude de Mars à deux minutes près, elle ne représentoit pas la latitude, à moins qu'on ne partageât l'excentricité de la terre en deux, & alors la longitude n'étoit plus représentée qu'avec des erreurs de huit minutes. Si Képler, comme il le dit lui-même, eût négligé cette erreur, l'astronomie arrêtée n'eût plus fait aucun progrès entre ses mains (*c*).

(*a*) *In stellam Martis*, Cap. XVI, pag. 95.

(*b*) *Ibid.* C. XVIII & XIX, p. 108 & 113.

(*c*) *Ibid.* C. XIX, p. 113.

§. XXXV.

Cette propoſition de partager l'excentricité en deux éleva une queſtion entre Képler & Tycho. Puiſque les planetes ſe meuvent avec une vîteſſe inégale autour du ſoleil, vîteſſe qui eſt la plus grande & la plus petite aux deux extrémités des abſides, il s'enſuit que dans cette ligne, à une certaine diſtance du ſoleil, il y a un point où la vîteſſe paroîtroit égale. Cette diſtance a été nommée l'excentricité, ce point eſt le centre de l'équant; & dans tous les orbes des planetes, ſuivant l'hypothèſe des anciens, il eſt au-delà du centre du cercle qu'elles décrivent. Mais Ptolémée, Copernic, ni Tycho n'avoient point donné d'équant à la terre; ils ſuppoſoient que les mouvemens, vus du centre de ſon cercle, devoient être égaux : c'eſt ce qui réſulte néceſſairement de l'hypothèſe d'une orbite circulaire, parcourue uniformément. La néceſſité de l'équant prouvoit donc au moins que l'orbite des autres planetes n'étoit pas pourcourue toujours avec la même vîteſſe, & les anciens quelquefois ont abandonné l'uniformité ſans s'en douter. C'eſt parce qu'on entend mal ſon hypothèſe, qu'on en ſuit une fauſſe; ſi l'on étoit conſéquent, l'erreur ſeroit preſque toujours découverte.

Képler conçut des ſoupçons; il étoit choqué de voir que cet équant, ou l'épicycle par lequel Copernic l'avoit remplacé dans ſon ſyſtême, ne fuſſent pas communs à la terre & aux planetes. Ce grand homme voyoit clairement que les loix de la nature ſont générales *(a)*. Il en réſultoit que l'orbite de la terre paroiſſoit variable : Arzachel l'avoit cru, & Copernic & Tycho l'avoient ſuivi *(b)*.

Il imagina une méthode ſinguliere & ingénieuſe de déter-

(a) *In ſtellam Martis*, c. XXII, p. 124. (b) *Ibid.* p. 125.

l'excentricité de Tycho (*a*) ; il détermina le lieu de l'apogée du ſoleil, qu'il trouva comme Tycho (*b*) ; il calcula pour chaque obſervation, les diſtances du ſoleil à la terre. Cela fait, il renverſa le problême, & ſuppoſant ces élémens donnés, ainſi que les diſtances du ſoleil, il combina deux à deux cinq obſervations ; les réſultats de chaque combinaiſon lui donnerent toujours la même longitude & la même diſtance de Mars au Soleil. Cet accord annonçoit que les élémens de l'orbe annuel de la terre ou du ſoleil étoient auſſi vrais que les obſervations étoient exactes (*c*). Aſſuré de la vraie excentricité de l'orbe de la terre, il fut en état de calculer géométriquement les diſtances au ſoleil dans tous les points (*d*). Tycho craignoit qu'en partageant ainſi l'excentricité, on ne retrouvât plus les équations propres à l'orbite ; mais Képler démontre qu'elles ſont les mêmes dans les deux hypothèſes (*e*). C'eſt ainſi qu'il rectifia la théorie du ſoleil.

§. XXXVII.

Copernic avoit fait une grande réforme, il avoit changé l'ordre des recherches & la face des choſes ; avant lui la terre étoit le centre, on croyoit les voir telles qu'elles ſont. Dans le nouveau ſyſtême & dans la vérité, nous ne voyons jamais que des apparences, que des mouvemens compoſés du mouvement de la planete & de celui de la terre, il faut démêler tout cela, tout tranſporter au centre du ſoleil, conſidérer les mouvemens céleſtes de ce point où nous n'avons jamais été, & ſe reſoudre à ne voir la nature telle quelle eſt que par la vue de l'eſprit.

(*a*) *In ſtellam Martis*, C. XXIII. XXIV, p. 129 & ſuiv.
(*b*) *Ibid.* C. XXV, p. 135.
(*c*) *Ibid.* C. XXVIII, p. 151.
(*d*) *Ibid.* C. XXIV, XXX, p. 157.
(*e*) *Ibid.* C. XXXI, p. 164.

Mais il respecta les anciens, en laissant aux planetes l'uniformité; il pensa que leurs inégalités étoient optiques : les astres se meuvent également dans leurs cercles; mais la terre ou le soleil étant hors du centre, les mouvemens semblent inégaux. Képler plus hardi, alla encore plus loin : en montrant que les mouvemens étoient inégaux autour du centre même, on fut forcé de croire que l'inégalité des planetes étoit réelle; les astres perdirent cette constance si long-tems admirée, & Képler les dépouilla du caractere divin de l'uniformité. Mais cet effet nouveau demandoit une cause. Képler étoit porté à cette recherche, & par la nécessité de rendre la nouveauté vraisemblable, & par son ardeur naturelle pour tout pénétrer & pour tout expliquer. Il dit lui-même très-philosophiquement que les occasions, la méthode par lesquelles les hommes parviennent à la connoissance des choses, n'est pas moins admirable que ces choses mêmes (*a*). Nous allons le voir étendre les faits par des conjectures, s'appuyer d'une idée pour en atteindre une autre. C'est à nous de présenter l'ordre de ses pensées, & de suivre avec un fidélité respectueuse, l'homme de génie qui contemple la nature.

§. XXXVIII.

Les planetes se meuvent d'autant plus lentement qu'elles sont plus éloignées du centre du monde, ou du soleil, d'autant plus vîte qu'elles en sont plus proches. Leur vertu motrice ne peut être que dans elles-mêmes ou dans cet astre. Ces deux effets, qui concourent toujours, diminution de vîtesse, augmentation de distance, doivent avoir la même cause. Képler

(*a*) Table des arg. pour le Cha. XLV.

fait

fait ici une distinction assez ingénieuse, en observant que dans l'ordre des choses la distance doit être considérée avant le mouvement gyratoire, ou de translation circulaire dans l'orbite, car ce mouvement ne peut exister sans un espace où il puisse s'accomplir, il suppose nécessairement quelque distance du centre. La distance est donc antérieure au mouvement, & ne peut être produite par lui; il est donc plus conforme à la vraisemblance de supposer au contraire que c'est la distance qui altere ce mouvement. On peut observer comment l'esprit humain s'essayoit avant de s'élever à la hauteur de Newton. Cette idée métaphysique guide le génie de Képler; il découvre que les causes de la variation de la vîtesse, & la source du mouvement sont dans le centre du monde. C'est une belle & grande conclusion! Son esprit porté aux similitudes, apperçoit les planetes comme attachées aux bras d'une balance, & pesant d'autant moins qu'elles sont plus près du centre; il en concluoit que pesant moins, elles devoient marcher plus vîte. Newton a démontré au contraire qu'elles marchent plus vîte, parce qu'elles pesent davantage.

Mais le centre du monde, où réside la vertu motrice, ne peut être que le soleil, qui regle les distances & les altérations de la vîtesse de chaque planete; il est leur modérateur commun. Tycho veut en excepter la terre seule; on demande lequel est plus vraisemblable, que le soleil où réside la vertu motrice des cinq planetes, possede aussi celle qui fait mouvoir la Terre, ou que ce Soleil, modérateur des lourdes planetes, telles que Jupiter & Saturne, soit mu lui-même, accompagné de ces masses, par une force proportionnée, infiniment puissante, & cachée dans notre petit globe. Képler eut la gloire de donner la premiere confirmation du systême de Copernic. L'immobilité

du ſoleil fut motivée par la force que Képler appercevoit dans cet aſtre. » Je ſens, diſoit-il qu'on peut tirer de la lune, qui » ſe meut autour de la terre, une objection du même genre » que celle que j'oppoſe à Tycho ; mais j'aime mieux per- » mettre à la lune de ſuivre & d'envelopper notre globe en » vertu d'une parenté particuliere, que de tranſporter à la » terre la faculté de mouvoir le ſoleil, chargé de toutes les » planetes qu'il enchaîne & qu'il retient par ſa force prépon- » dérante (*a*).

§. XXXIX.

Une belle idée, c'eſt la comparaiſon que Képler établit auſſi-tôt entre cette vertu motrice du ſoleil. & la lumiere ; l'une & l'autre ſe tranſportent inſtantanément à de grandes diſtances, toutes deux agiſſent en ligne droite, la vertu motrice eſt plus active & plus forte, comme la lumiere eſt plus ſerrée & plus denſe à un moindre éloignement. Cette comparaiſon va lui fournir l'eſtimation de la vertu motrice, & on peut s'étonner de le voir approcher la vraie meſure, ſans l'atteindre, ni l'appercevoir. La lumiere s'affoiblit en s'éloignant du corps lumineux ; elle ſe propage en rayons divergens, qui forment des cônes dont la baſe va toujours en s'élargiſſant, & où la même quantité de lumiere, occupant de plus grands eſpaces, a moins de vivacité & de force. Le contour de ces baſes circulaires augmente comme les diſtances au point lumineux ; Képler croit que la lumiere diminue dans la même raiſon : il conçoit que la vertu motrice ſe répand comme elle par des rayons divergens, s'affoiblit en embraſſant plus d'eſpace, & enfin diminue en raiſon de l'augmentation de la diſtance.

(*a*) *In ſtellam Martis*, Cap. XXXIII, p. 170.

Il n'eſt pas queſtion ici du contour des cercles, mais de leur ſurface, puiſque c'eſt pour couvrir cette ſurface que la lumiere s'affoiblit en ſe partageant. Kepler a bien vu que ces ſurfaces augmentent, & que la lumiere diminue comme le quarré des diſtances, mais il n'étend pas juſques-là ſa comparaiſon; il n'établit pas la même proportion dans le décroiſſement de la force motrice, il la regle ſur la ſimple diſtance lorſqu'en faiſant un pas de plus il déroboit au philoſophe Anglois la loi de la gravitation. Voilà pourtant à quoi tiennent les grandes découvertes; la vérité étoit ſaiſie s'il avoit voulu la voir. Les petites choſes ſont les progrès de l'eſprit humain comme le deſtin des empires. Mais la nature, en portant Képler ſi loin, en avoit aſſez fait pour une fois, il falloit qu'elle ſe reposât pour élever Newton. Nous ne décrivons ici que les travaux de ſon précurſeur.

§. X L.

Cette conſidération de la vertu motrice s'affoibliſſant par la diſtance, agiſſant comme la lumiere en ligne droite, amena une difficulté. Cette vertu ne peut agir que comme elle ſe propage, & il n'en peut réſulter qu'un mouvement en ligne droite. Il ſemble encore ici que tout fut préparé pour décompoſer le mouvement circulaire des planetes, pour voir l'effet de deux actions, dont l'une tendoit au ſoleil. Archimede avoit conſidéré le cercle comme un polygone d'une infinité de côtés, & par conſéquent compoſé de petites lignes droites réunies. Képler ne connoiſſoit de mouvemens naturels que ceux qui s'exécutent en ligne droite. Fracaſtor avoit montré que le mouvement ſuivant une direction, pouvoit ſe décompoſer en deux autres. Tartalea avoit enſeigné que dans le jet des bombes il peut naître un mouvement plié en courbe, des forces combinées de la poudre & de la peſanteur, qui agiſſent en ligne

droite. La faculté de ces rapprochemens manqua tout-à-fait à Képler, les principes de Tartalea & de Fracaſtor étoient apparemment trop nouveaux. Il ſemble que les idées ayent comme nous une enfance & un premier état de foibleſſe ; elles ne produiſent point à leur naiſſance, & elles ne tiennent que de l'âge & du tems leur vertu féconde. Képler vit une ſeule action dans la tranſlation des planetes. L'eſprit philoſophique, qui le portoit à tout ſimplifier, lui fit regarder le ſoleil comme la ſource unique du mouvement. Alors il ſe demanda comment la vertu motrice de cet aſtre, agiſſant en ligne droite, faiſoit cependant tourner & circuler les planetes. La queſtion étoit embarraſſante, il jeta les yeux ſur la terre qui ſe meut circulairement ſur ſon axe, entraînant enſemble toutes les Parties de ſa maſſe, les corps placés à ſa ſuperficie, le fluide de l'air qui les baigne, portant cette puiſſance juſqu'aux limites de l'atmoſphere, & la réponſe de Képler fut de deviner la rotation du ſoleil. Il conçut que le ſoleil devoit tourner ſans ceſſe ſur lui-même. L'influence qu'il répand dans l'univers conſerve cette gyration, & la communique aux planetes. Les émanations de cette vertu ſont conſidérées comme des rayons, comme des leviers infiniment étendus, mais toujours attachés à leur centre, autour duquel ils ſont leur révolution, en pouſſant devant eux les corps qu'ils rencontrent. C'étoit cependant en 1609, avant l'invention des lunetes, que Képler, par la vue de l'eſprit, appercevoit la rotation du ſoleil. Il conclut du mouvement des planetes que cette rotation devoit ſe faire dans le ſens du zodiaque ; c'étoit encore une vérité que lui revéloit ſon génie. Mais s'il fut aſſez heureux pout prévenir ces découvertes, il ne réuſſit pas ſi bien à deviner le tems que le ſoleil emploie à tourner ſur lui-même. Il déduiſit d'une certaine proportion imaginaire que ce tems ne devoit être que d'environ

trois jours. Il ſuppoſa également que le mouvement de la lune naiſſoit de la révolution diurne de la terre : il établit que les effets de la rotation du ſoleil s'étendoient dans tout le ſyſtême planétaire ; mais ſuppoſant que les planetes doivent réſiſter, il fonda ſur ce qu'il nomme l'inclination au repos, ou ſur la force d'inertie, la lenteur du mouvement des planetes. Elles ſe meuvent infiniment moins vîte que le globe ſolaire en raiſon de leur inertie ou de leur maſſe.

On ne peut pas dire que ces idées de Képler ne ſoient pas juſtes. On n'a pas encore démontré qu'il n'eſt aucune liaiſon entre la rotation du ſoleil & le mouvement des planetes. Il eſt certain qu'il y a quelque cauſe phyſique qui les retient dans une zône étroite du ciel. C'eſt dans cette zône que s'opere la rotation du ſoleil. Képler avoit ſi bien vu que nous n'avons pu rien voir de plus ; un ſiecle, une multitude de découvertes ne nous ont rien appris à cet égard : & cent trente ans après Képler, M. Daniel Bernouilli a repris cette idée pour expliquer comment les planetes ſont réunies dans des routes ſi voiſines, & ſe ſerrent de ſi près dans un ciel libre, où tant d'eſpaces ſont vides.

§. XLI.

Gilbert, Anglois, avoit comparé la terre à un grand aimant, Képler compare le ſoleil à un aimant plus grand & plus actif encore (*a*) ; il y avoit un phénomène difficile à expliquer. Si la rotation du ſoleil eſt la cauſe du mouvement circulaire des planetes, pourquoi cet aſtre n'eſt-il pas au centre de leurs orbites ? Pourquoi cette circonvolution, toujours la même, n'a-t-elle pas des rayons égaux ? Les planetes allant

(*a*) *In ſtellam Martis*, Cap. XXIV, p. 162.

de leur aphélie à leur périhélie, s'approchent continuellement, & semblent descendre vers le soleil. Képler répond que c'est l'effet de la vertu attractive & magnétique. Mais ensuite, en allant du périhélie à l'aphélie, les planetes semblent fuir le soleil, & s'en éloigner autant qu'elles s'en étoient approchées. Képler trouve la solution de cette difficulté dans les propriétés de l'aimant. Les planetes ont, ainsi que la pierre de fer, des fibres rangées suivant une certaine direction : elles ont un pôle qui est attiré & un pôle qui est repoussé, un pôle ami, & un pôle ennemi du soleil. Comme elles conservent toujours leur parallélisme, comme leurs points regardent toujours les mêmes points du ciel, il s'ensuit que tous ces points se présentent successivement au soleil ; elles doivent donc être attirées dans une moitié de leur révolution, & repoussées dans l'autre (*a*).

§. XLII.

Képler, en établissant la vertu motrice du soleil, ouvroit la voie où devoit entrer Newton, & préparoit les esprits. La gravitation n'est qu'une vertu motrice, comme celle de Képler, mais dont la marche & les effets mieux connus, sont calculables. Chaque objection que résolvoit Képler étoit autant de peine épargnée à Newton. On disoit que comme l'interposition d'un corps cause une éclipse, en interceptant la lumiere, il devoit y avoir également interruption de mouvement pour le plus éloigné de deux corps, qui, vus du soleil, se trouvoient dans la même ligne droite : l'un nuit à l'autre, en fermant les passage à l'action de la force. Képler répond que quelque analogie qu'il y ait entre la vertu motrice & la lumiere,

(*a*) Epit. Astron Coper. p. 587.

cette analogie n'exclut pas quelque différence. La lumiere ne se répand que sur les surfaces où elle est repoussée & réfléchie, l'opacité arrête son passage ; mais la vertu motrice pénetre la masse, puisqu'elle transmet le mouvement à toutes les Parties, & l'opacité par conséquent ne lui fait rien. Il n'oublie pas d'appuyer cette raison philosophique d'un exemple sensible, c'est que le magnétisme agit à travers les corps solides. Képler est si persuadé de cette vérité, qu'il ne veut pas qu'on atrribue à cette interruption de mouvement l'anticipation de l'aphélie des planeres ; il sent bien que c'est un changement, une altération ; mais il remarque que si ce changement arrivoit par diminurion, les aphélies reculeroient au lieu d'avancer : c'est donc au contraire une addition de force & de mouvemenr. Sa vue fut assez perçante pour appercevoir que cet effet devoit appartenir à une cause étrangere (*a*). Il y ramene aussi les excentricités, les inclinaisons des planetes. Tout ce qu'elles ont de commun, elles le tiennent du soleil ; les différences seules ne viennent point de lui (*b*). Si, comme nous le pensons, le génie s'annonce par la grandeur des vues, par la généralité des idées, peu d'hommes ont été mieux partagés de ce don si rare de la nature. Toutes ces idées sont bonnes & exactes, le tems en a vérifié une partie. Nous sommes obligés d'avouer qu'il ajoute que cette cause peut être animale ; c'est le sceau du siecle où cette opinion expirante avoit encore des parrisans. Képler dominoit puissamment ce siecle, mais en le réformant sur tant de points, il a bien fallu lui céder sur quelque chose : on ne doit pas s'éronner si en qualité d'homme, il a payé son tribut à l'éducation, à l'habitude & à la foiblesse humaine. Cependant on peut voir comment

(*a*) *In stellam Martis*, C. XXXV, p. 177. (*b*) *Ibid.* C. XXXVIII, p. 184.

il a pressé les partisans de cette opinion de l'ame ou de l'intelligence des astres (*a*). S'il conserve des égards, c'est qu'il traitoit cette opinion antique comme souvent à la Cour on traite les gens en crédit, qu'on respecte tant qu'ils sont en place, en cherchant à les détruire.

Nous ne suivons point Képler dans l'explicarion des équations de la lune, dans les raisons pourquoi les planetes ne s'écarrent pas du zodiaque, & s'écartent inégalement de l'écliptique (*b*); car il entrevoyoit plutôt le principe qu'il ne le voyoit réellement & distinctement ; en conséquence plus on s'éloigne de cetre image altérée de la vérité, plus les conséquences deviennent incertaines & fausses.

§. XLIII.

La marche des hommes est d'étudier la nature par des faits séparés. Lorsqu'ils ont assez vu, ils se retirent avec euxmêmes. Les faits sont amassés dans leur tête, la chaîne manque ; mais cette chaîne existe, il est donc possible de la découvrir. Ceux qui ont reçu du génie, prennent le crayon, ils dessinent un plan : voilà où étoit parvenu Képler. Alors il ne s'agit plus que d'appliquer ce plan tracé par l'imagination sur le grand modele, qui est la nature ; il faut revenir à l'observation. Le don le plus heureux du ciel, l'invention est placée entre les faits qui fondent les systêmes & les faits qui les vérifient.

Képler avoit établi que les planetes se mouvoient inégalement, avec plus ou moins de vîtesse, il en avoit cherché & trouvé la cause ; il revint sur ses pas pour trouver la mesure de

(*a*) *In stellam Martis*, Cap. XXXIX, pag. 185.

(*b*) *Ibid.* C. XXXVI, p. 181 ; C. XXXVII, p. 182.

de ces inégalités & de ces changemens de vîteſſe : mais dans un ouvrage où nous ſommes deſtinés à parler de mouvement, de vîteſſe & de force, il faut définir le ſens de ces mots qu'on prononce ſouvent ſans les entendre.

§. XLIV.

Le mouvement, la vîteſſe, la force, n'ont de meſure que dans l'eſpace & dans le tems, dans ces deux infinis qui renferment tous les êtres créés. L'ordre, l'arrangement de ces êtres, quand ils exiſtent enſemble, forment l'eſpace, ou l'étendue; la ſucceſſion de ces êtres détruits & renaiſſans forme le tems ou la durée (*a*). Cela poſé, le mouvement tranſporte dans l'étendue les corps d'un lieu à un autre; on le détermine par l'eſpace parcouru; il ſuppoſe deux points fixes, celui du départ & celui de l'arrivée. La nature du mouvement, la maniere dont il s'opere ſont des myſteres impénétrables. Ce grand phénomène répété partout, mais cependant unique en ſon eſpece, ne peut être comparé qu'à lui, ne peut être connu que par lui-même. Il faut donc comparer les mouvemens de pluſieurs corps, alors il en naît une nouvelle conſidération, c'eſt celle du tems. Partout où il exiſte du mouvement, il y a de l'eſpace parcouru. Les mouvemens ne peuvent donc différer que par l'inégalité d'eſpace parcouru dans un même tems, ou par inégalité de tems pour un même eſpace parcouru. De-là l'idée de vîteſſe. Nous diſons qu'un corps ſe meut plus

(*a*) Nous ne connoiſſons rien qu'en qualité d'êtres ſenſibles, nous ne pouvons donc avoir l'idée de l'étendue que par les ſenſations préſentes, réellement reçues à la fois, ou bien par celles que l'imagination réunit pour les préſenter à notre ame, & pour nous peindre l'univers. De même nous ne pouvons avoir l'idée de la durée, qu'en rappelant en nous-mêmes les ſenſations ſucceſſives que nous avons reçues du même objet, ou celles qui ont affecté des individus ſucceſſifs, & qui nous ont été tranſmiſes par le récit, & par la tradition.

vîte qu'un autre lorſqu'il parcourt un même eſpace en moins de tems. Dans le chemin des projectiles ſur la terre, l'eſpace ſe meſure en ligne droite; mais il ne s'eſtime pas de même dans le mouvement circulaire des planetes. On peut les conſidérer comme attachés à l'extrémité d'un levier, d'une longue aiguille, qui a ſon centre dans le ſoleil; leur mouvement eſt une révolution, leur chemin eſt un cercle : regardez le cadran d'une horloge, l'aiguille des minutes ſe meut ſur ſon centre; chacun de ſes points, dans ſa longueur depuis le centre, parcourt une circonférence plus grande; mais on ne fait point d'attention à cette circonſtance, il faut ſe rappeler ce que nous avons dit ci-devant ſur la meſure des mouvemens céleſtes par des angles (*a*). La fin, l'objet de ces mouvemens eſt d'accomplir une révolution circulaire; cette révolution eſt la meſure commune, chaque pas doit être une partie de cette révolution, c'eſt-à-dire, un angle quelconque décrit autour du centre. Tous les points de l'aiguille ont donc le même mouvement & la même viteſſe, puiſqu'ils décrivent tous le même angle & dans le même tems. Si vous regardez enſuite l'aiguille des heures, elle décrit ſucceſſivement les mêmes angles, elle acheve la même révolution; mais comme elle emploie douze fois plus de tems, elle a douze fois moins de viteſſe. Placez Saturne & Jupiter aux extrémités de ces aiguilles, pour comparer leurs mouvemens & leurs vîteſſes, il ne s'agira pas de ſavoir combien ils ont fait de lieues, ou de nos meſures terreſtres dans un même tems, mais dans quels tems différens chaque globe acheve la même révolution circulaire. Saturne met trente ans, Jupiter n'en emploie que douze, Jupiter a une vîteſſe une fois & demie plus grande; ou bien on cherchera quels angles ils

(*a*) Tome I, Liv. II.

décrivent dans le même tems ; quelque grands que soient les cercles, ils n'ont que le même nombre de 360° : Jupiter décrit trente de ces degrés par an, saturne n'en parcourt que douze, Jupiter a donc par ce calcul, comme par le premier, une fois & demie plus de vîtesse.

La force est dans les corps la faculté de se mouvoir & de mouvoir les autres ; elle est en nous le sentiment de la puissance. Mais comment cette puissance passe-t-elle de mon ame dans ma main, qui saisit une pierre, & dans la pierre, qui parcourt l'air pour aller tomber au loin ? Comment le choc suffit-il pour transmettre cette faculté ? Ce métal arrondi en globe, repose lourdement sur la terre ; on le place dans un cannal d'airain, la poudre s'enflamme, la masse pesante vole, & s'en va détruire les hommes & renverser les murailles à de grandes distances. Après ces meurtres, après ces grands efforts, le globe retombe immobile & sans action sur la terre. Que s'est-il donc passé dans cette masse ? C'est la force qui succede à l'inertie, c'est une sorte de vie au lieu d'un état de mort. La force s'épuise, la vie cesse, & le corps redevient inanimé. On dit avec raison que la force anime le corps. Ne regardons cependant pas cette faculté ni comme une ame qui réside dans le corps, ni comme un être qui en soit indépendant ; c'est le secret de la nature, c'est la cause à jamais cachée de la formation de l'univers. Nous ne connoissons la force que par ses effets ; des ressorts pliés, des corps pesans soulevés, des corps choqués, mis en mouvement, des espaces parcourus, voilà les effets de la force, voilà sa mesure. Non seulement elle n'est point indépendante des corps, mais on voit qu'elle est liée, qu'elle est proportionnelle à leur masse ; un grand corps fait plus d'effort qu'un petit : quand les corps sont lancés dans l'étendue, leur force est d'autant plus grande qu'ils

parcourent plus d'espace en moins de tems, elle est donc aussi proportionnelle à la vîtesse. La grandeur, ou plutôt la masse des corps, leur vîtesse, voilà les élémens de la force, les effets ou les signes sensibles par lesquels ce mécanisme inconnu se dévoile à nos yeux.

§. XLV.

KÉPLER, quoiqu'il eût l'esprit très-métaphysique, n'avoit peut-être pas des notions si nettes du mouvement & de la force. Nous les avons réunies pour les présenter à la fois & les éclairer l'un par l'autre. Cependant il sentoit que les planetes se mouvoient inégalement, il les voyoit perdre de leur vîtesse, en augmentant leur distance au soleil; il en attribuoit la cause à la diminution de la force émanée de cet astre. Il mesuroit cette diminution de force, cette perte de vîtesse par l'augmentation de distance; une distance double donnoit une force & une vîtesse une fois plus petite. Cette hypothèse le conduisit à une grande découverte. Il imagina qu'en sommant les distances, en prenant ensemble toutes celles qui avoient eu lieu dans un intervalle, il auroit la somme des vîtesses; mais les vîtesses, nous l'avons dit, sont représentées par la grandeur des arcs, ou des angles décrits autour du centre, en tems égaux. Il falloit donc comparer ces arcs, décrits par les planetes, à la somme de toutes les distances qu'elles avoient eues dans le même tems. Cette comparaison lui parut difficile, & comme les difficultés aiguisent le génie & amenent l'invention, il imagina de substituer les aires au tems.

Les aires ne signifient proprement que les surfaces. L'aire d'un secteur de cercle, c'est l'espace enfermé entre deux rayons menés du centre, & l'arc qu'ils embrassent. Il est aisé de voir que dans le cercle lorsque les arcs sont égaux, les secteurs le

ſont auſſi ; ils ſeroient donc comme les arcs proportionnels au tems pour un aſtre qui parcourroit ce cercle uniformément. Képler ſubſtitua, pour meſurer le tems, les aires aux arcs de ces ſecteurs. Ce premier pas étoit déciſif dans le chemin de la vérité; il ſuivit le trait de lumiere qui la lui faiſoit appercevoir, il ſe tranſporta dans le ſoleil placé hors du centre : alors ces rayons menés du ſoleil, ces rayons qui ſont la diſtance des planetes, croiſſent, décroiſſent, & avoient été reconnus par Képler pour la meſure de l'inégalité. Képler vit que ſi le demi-cercle pouvoit être conſidéré comme la ſomme de tous les rayons égaux, menés du centre, il étoit également la ſomme de tous les rayons inégaux, menés du point occupé par le ſoleil, & il penſa que l'aire des ſecteurs, comptée de ce point, étoit proportionnelle au tems. Si vous prenez un arc dans un cercle, & que vous meniez de ſes deux extrémités deux rayons au centre, & deux autres au point excentrique où eſt le ſoleil, il en naîtra deux ſecteurs, dont le premier meſurera le tems égal & uniforme, le ſecond le tems accéléré ou retardé. Si cet arc eſt la douzieme partie du cercle, l'aire du premier ſecteur ſera la douzieme partie de toute la ſurface circulaire, & le tems, s'il étoit égal & uniforme dans cet arc, ſeroit auſſi la douzieme partie de la révolution entiere du cercle. Mais ce tems ne l'eſt pas, & ſon inégalité eſt meſurée par le rapport du ſecond ſecteur à la ſurface circulaire. Si ce ſecteur au ſoleil eſt plus grand ou plus petit que le ſecteur au centre, le tems ſera plus long ou plus court, il ſera plus ou moins que la douzieme partie de la révolution *(a)*.

(a) Le ſecteur CBD, ou BKL (*fig.* 4) formé au centre du cercle, eſt la meſure du tems uniforme, le ſecteur CAD, ou LAK formé au point excentrique A, eſt la meſure du tems inégal, retardé de C en D, puiſque le ſecteur CAD eſt plus grand que CBD, & le tems plus long, accéléré de K en L, puiſque le ſecteur LAK eſt plus petit que BKL & le tems plus court.

Képler appliqua cette hypothèſe au mouvement de la terre autour du ſoleil, & ayant déduit toutes les inégalités qui répondent aux différens point de l'orbe annuel, il les compara aux inégalités obſervées par Tycho ; les unes & les autres ſe trouverent ſemblables, & ſon hypothèſe fut vérifiée. Il établit donc cette regle ſimple, que les ſurfaces ou les aires des ſecteurs autour du ſoleil, ſont proportionnelles aux tems employés à les décrire.

§. XLVI.

Képler, dans cette recherche, s'étoit encore ſervi des mouvemens circulaires ; il ſe plaint des peines & du tems que cette hypothèſe lui a coutés : erreur d'autant plus dangereuſe qu'elle étoit appuyée ſur une haute antiquité & ſur un grand nombre de ſuffrages illuſtres (a). Elle lui manqua tout-à fait, quand il paſſa à la théorie des mouvemens de Mars, qui avoit fait le déſeſpoir de Rheticus. Képler avoit déduit des obſervations de Tycho les diſtances exactes de Mars au Soleil dans les différentes parties de ſon cours. Ces diſtances comparées lui faiſoient connoître la quantité de l'excentricité & le lieu de l'aphélie. Mais lorſque Képler décrivoit un cercle ſur ces dimenſions, ce cercle ne repréſentoit plus les autres diſtances de Mars. Ces diſtances étoient plus courtes que celles qui appartenoient au cercle. La planete n'étoit vraiment ſur ce cercle que dans l'aphélie & dans le périhélie, dans les points où elle eſt le plus loin & le plus près du ſoleil (b). Il ſembloit qu'en partant de l'aphélie, elle rentrât en dedans & s'éloignât

(a) *Tantò nocentior temporis fur, quantò erat ab autoritate omnium philoſophorum inſtructior, & metaphyſica in ſpecie convenientior*, Cap. XL, p. 192.

(b) *Voyez la figure 5* ; la planete eſt toujours en dedans du cercle, excepté dans les points B, D de l'aphélie & du périhélie.

du cercle toujours de plus en plus jusqu'à peu-près la moitié de sa demi-révolution ; elle s'en rapprochoit ensuite pour s'y retrouver au point du périhélie, & s'en éloigner encore de même pendant la durée de l'autre demi-révolution. Sa route étoit donc un cercle applati dans son milieu, ou pour mieux dire, ce n'étoit pas un cercle. L'hypothèse des mouvemens circulaires n'avoit donc été qu'une longue erreur ! il falloit une courbe fermée, puisque la planete reprenoit constamment la même trace par des révolutions enchaînées & successives : la nature de cette courbe étoit indiquée par la figure de cette trace même ; c'étoit une ovale, ou une ellipse (*a*).

§. XLVII.

CETTE idée d'ovale s'étoit déjà présentée. Reinhold avoit remarqué que par les hypothèses de Ptolémée, la lune éloignée de la terre dans ses conjonctions & ses oppositions, fort rapprochée dans ses quadratures, décrivoit à travers l'espace une route dont la figure étoit une ovale (*b*) ; mais il crut n'observer qu'une apparence, & sa remarque fut sans fruit. Mœstlin, le maître de Képler, expliquant la marche des cometes, & leur donnant un épicycle, supposa, pour représenter les bizarreries de leur mouvement, que cet épicycle se projetoit dans le ciel sous la figure d'une ovale (*c*). C'est ainsi que marche l'esprit humain : il semble que les idées s'essayent avant de se montrer au grand jour ; plusieurs têtes les conçoivent, mais proportionnellement à leur capacité. Qu'on n'en infere rien contre les inventeurs en général, & contre Képler en particulier ; leur gloire n'est point affoiblie par cette prépa-

(*a*) &c. Cap. XLIV, p. 212.
(*b*) Hist. Astron. moderne, T. I, p. 367.
(*c*) Histoire de l'Astron. Mod., Tom. I, page 410.

ration des idées. C'eſt le terroir qui donne à un germe ſon entier développement. Dans le travail de la nature, le ſeul but eſt la production; on ne compte point les germes avortés, la terre les cache dans ſon ſein, & ne ſe pare que de ceux qui portent du fruit. Le mérite de l'invention n'eſt pas dans une idée offerte par le haſard, dans une idée que l'on n'eſt pas en état d'apprécier, & que l'on produit avec indifférence. Toute vérité nouvelle eſt liée par des rapports avec des vérités déjà connues, avec d'autres vérités qui en doivent éclorre. On ne la poſſede réellement que quand on peut montrer ſes prémices & ſes conſéquences. Képler mérite la gloire d'inventeur, parce qu'il peut rendre compte de ſes progrès; il s'eſt avancé le flambeau à la main dans la connoiſſance de la nature, & il a éclairé tous ſes pas.

§. XLVIII.

Il a commencé par montrer l'erreur de rapporter les oppoſitions des planetes au lieu moyen du ſoleil; il a donc ſubſtitué des réſultats vrais aux réſultats faux, qui juſques-là avoient égaré tous les aſtronômes; voilà ſon premier pas. Le ſecond fut de partager l'excentricité de la terre, de montrer que les mouvemens n'étoient pas égaux, vus du centre de l'orbite; il n'y avoit donc plus d'uniformité dans ces mouvemens, & Képler avançoit, en abattant des préjugés. Le tréſor des obſervations de Tycho le mettoit en état de comparer toujours ſes idées neuves aux phénomènes. Un excellent obſervateur & un grand philoſophe ont dévoilé la nature. Juſqu'à Képler, on s'étoit attaché particuliérement à repréſenter la marche des planetes dans leur orbite, on ne s'étoit gueres embarraſſé de leurs diſtances: là cependant étoit caché le

le principal défaut des théories. Le troisieme pas de Képler fut de considérer attentivement les variations des distances ; il suivit, calcula péniblement ces distances mêmes, & ayant toujours placé la planete à leurs extrémités, il la vit sortir de cette circonférence circulaire, si chere aux anciens, rentrer dans l'intérieur pour lui montrer une route plus appiatie, & lui en dévoiler la figure elliptique. C'est par cette suite d'idées & de progrès, c'est par de semblables efforts qu'on se rend digne de déchirer un voile étendu sur vingt siecles, & de devenir la lumiere des siecles suivans, en révélant aux hommes une vérité éternelle.

Képler la possédoit dans toute son étendue cette vérité ; il transporta dans la route elliptique la loi qu'il avoit démontrée pour le cercle de la proportionnalité des aires au tems (*a*). Il est vrai qu'il ne la démontrera pas dans l'ellipse. Le tems n'étoit pas venu de prouver qu'elle doit exister, mais il prouva qu'elle existe en effet ; il l'appliqua aux mouvemens de toutes les planetes, & ces mouvemens s'y conformerent. Les causes découvertes ne sont jamais que des hypothèses inventées ; les hommes imaginent tandis que la nature opere, & lorsqu'elle justifie leurs pensées, ils ont droit de dire qu'ils ont saisi son mécanisme. Toutes les planetes, à la voix de Képler, marcherent dans des ellipses ; ces ellipses ne different que par des excentricités plus ou moins grandes, mais le soleil occupe le foyer commun. Cet astre, adoré dans l'antiquité primitive, comme l'ame & le pere de la nature, comme le bienfaiteur

(*o*) Dans une ellipse (*fig.* 6) l'espace IFH renfermé par deux lignes FI, FH menées du foyer F, & par une portion de l'ellipse IH, est un secteur elliptique. Képler établit que si les deux secteurs IFH, BFE sont égaux, c'est à-dire, s'ils renferment une étendue, un espace égal, les arcs IH, BE, quoiqu'inégaux, seront parcourus par la planete en tems égaux. L'espace IFH, BFE se nomme l'aire du secteur ; c'est pourquoi on dit que les aires sont proportionnelles aux tems.

de la terre, qu'il rend féconde & qu'il couvre de verdure, comme le bienfaiteur des hommes, qu'il éclaire & qu'il échauffe, fut placé par Copernic au milieu de notre systême planétaire, d'où il répand mieux partout sa chaleur & sa lumiere. Il étoit donc le centre de toutes les parties du grand tout. On dit que les anciens avoient connu la gravité, ou du moins une certaine tendance de quelques corps vers d'autres corps; mais elle étoit particuliere & semblable à celle qui fait tomber devant nous les graves vers la surface de la terre. Les anciens n'ont point généralisé cette idée; ils n'ont point dirigé cette tendance au soleil; le soleil tournoit autour de nous, il étoit entraîné, il ne pouvoit être la cause du mouvement. Si c'est dans l'antiquité que Képler a saisi cette idée, il l'a prise restreinte & bornée, pour lui donner toute son étendue, pour l'élever à la classe des vérités générales. Kepler démontre réellement que le globe solaire est le lien universel; il y place une force par laquelle tout mouvement est produit, il fait du soleil l'essieu du monde. Les planetes l'enveloppent dans leurs cours: la ligne de leurs absides passe par le centre de cet astre; & si ces absides se meuvent, elles roulent autour de lui comme les rayons d'une roue sur son centre, & comme les planetes elles-mêmes y roulent.

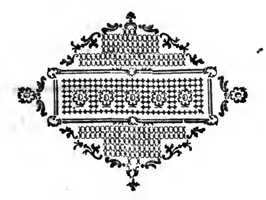
§. XLIX.

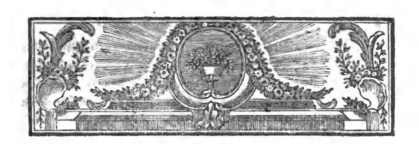
Voila donc quatre vérités essentielles & fondamentales. Les astres dans leurs cours périodiques, décrivent des ellipses; le soleil occupe le foyer commun; la ligne des absides passe par le soleil; enfin la planete, par son mouvement inégal à chaque pas qu'elle fait dans la circonférence elliptique, coupe dans la surface de la courbe des secteurs, ou des aires propor-

tionnelles au tems. Peut-être un reste de l'ancien préjugé a-t-il fait sortir cette derniere vérité. Képler instruit par une tradition successive, imbu d'une philosophie dont la simplicité étoit la base, ne cherchoit qu'elle à travers les faits multipliés & les hypothèses compliquées ; il ne la trouva ni dans Ptolémée, ni dans Copernic. En reconnoissant l'inégalité réelle du mouvement des planetes, il se vit forcé d'abandonner l'uniformité ; mais sans doute il regrettoit de s'écarter de la sagesse des anciens. L'égalité, la constance inaltérable paroissent les attributs de tout ce qui est permanent. Il chercha cette égalité quelque part, & il la trouva dans les aires décrites autour du foyer. Il a fallu cependant passer par un grand nombre d'erreurs ; il a fallu substituer des suppositions forcées à des suppositions absurdes ; il a fallu une longue suite de siecles pour arriver à ces principes simples. Ils étoient alors sans doute aussi neufs qu'ils sont vrais. Les sciences ont été fondées, oubliées & reconstruites avant de découvrir le secret des mouvemens si long-tems observés, mais ce secret est connu pour jamais ; cette découverte est une faveur du ciel. Combien peut-on compter d'hommes dont les travaux utiles ne soient pas détruits par leurs successeurs? Combien d'esprits célebres dont l'influence ne passe pas leur siecle ? Le privilége du génie, qui est un rayon de l'intelligence suprême, est de pénétrer dans l'essence des choses, d'asseoir des vérités sur les fondemens de la nature, & de les rendre aussi durables que ses ouvrages.

Ce n'est pas encore toute la gloire de Képler; nous devons interrompre le récit de ses travaux ; son émule, son contemporain, Galilée nous appelle en Italie. Les progrès de la lumiere leur avoient été confiés ; ils parurent à la fois pour les rendre plus rapides. Tous deux honorés par des décou-

vertes fondamentales, tous deux également bienfaiteurs de l'efprit humain, ils s'élevoient à la même hauteur & fe partageoient l'admiration des hommes, comme jadis les Céfars de Rome, placés fur deux trônes femblables, partageoient l'empire du monde.





HISTOIRE
DE
L'ASTRONOMIE MODERNE.

LIVRE SECOND.

De Galilée & des dernieres années de Képler.

§. PREMIER.

De tous tems on a vu les corps tomber & se mouvoir, la pierre abandonnée dans l'air se précipiter vers la surface de la terre, ou cette pierre, lancée par la main de l'homme, continuer de parcourir une route marquée, comme s'il lui avoit communiqué son ame & sa volonté. Ce phénomène du mouvement se multiplie de toute maniere autour de nous : nous naissons, nous vivons avec lui ; & lorsqu'il cesse pour nous, la partie matérielle de notre être, la machine humaine se détruit. L'habitude de voir ces merveilles nous les fait méconnoître ; l'ignorance ne s'en étonne pas. Mais la philosophie, en apprenant à voir, apperçut des mysteres de la nature dans

les choſes les plus familieres. Tandis que Képler en Allemagne cherchoit la cauſe des mouvemens céleſte, Galilée en Italie méditoit profondément ſur la chûte des corps. On avoit déjà reconnu leur accélération ; on avoit vu qu'en tombant de plus haut, ils tomboient plus vîte relativement à l'eſpace parcouru dans la chûte. Si un corps emploie une ſeconde de tems à tomber d'une hauteur de quinze pieds, il tombera de trente ou quarante pieds en moins de deux ſecondes. Le mouvement s'augmente donc dans la chûte ; il ſemble qu'il ſe reproduiſe & que le mouvement ſoit engendré du mouvement. Ce phénomène ſingulier, mal obſervé, fut mal expliqué ; il ne produiſit que des erreurs. On doit cependant diſtinguer dans cette carriere, & parmi les prédéceſſeurs de Galilée, Michel Varro, Genevois (*a*), qui eut des idées aſſez juſtes ſur la gravité, ſur la force d'inertie : il parla même avant Képler de cette derniere force. Elle eſt prouvée par la réſiſtance à l'effort qui tend à déplacer les corps, elle eſt meſurée par l'effort néceſſaire pour la vaincre. Il ne fut pas ſi heureux en expliquant l'accélération, il entrevit ſeulement le principe. La peſanteur, dit-il, eſt l'effet d'un certain deſir naturel que les corps ont de ſe réunir. Dans le premier inſtant cette force agit ſur eux pour les mettre en mouvement ; & lorſque dans le ſecond, elle agit ſur ces corps, qui déjà ſe meuvent, elle augmente leur mouvement & leur vîteſſe, elle produit l'accélération. Mais il crut que les vîteſſes étoient proportionnelles aux eſpaces parcourus dans la chûte. Il ſe trompa, parce qu'il ne fit que raiſonner. Les philoſophes Grecs avoient trop d'influence ſur

(*a*) Ces idées ſe trouvent dans un ouvrage imprimé en 1584. Cet ouvrage eſt très-rare aujourd'hui ; on en conſerve un exemplaire dans la bibliotheque de Geneve. Monſieur Senebier, homme éclairé, à qui cette bibliothèque eſt confiée, à bien voulu nous en communiquer quelques paſſages.

les esprits ; on croyoit pouvoir se passer des faits comme ils s'en étoient passés. Le premier moyen du génie est l'art des expériences ; c'est par elle qu'il amene les objets à sa portée, pour les pénétrer de son regard.

§. II.

GALILÉE, fils de Vincent Galilée, né à Pise en 1564, étoit le génie qu'attendoit la science du mouvement : il en posa les fondemens, les premieres vérités ; & si Newton est le créateur d'une théorie sublime, nous ne devons pas oublier, en considérant ce grand édifice, que la premiere pierre fut placée par Galilée ; Képler & Galilée furent ses précurseurs. Si Newton les eût précédés, il auroit été obligé de commencer par ce qu'ils ont fait, & il n'eût pas été jusqu'au terme où nous l'avons vu, puisque les grandes forces sont limitées comme les petites.

Destructeur des anciennes erreurs, qui fondoient le savoir des mécaniciens de son tems, destiné à se faire des ennemis par des vérités, Galilée souleva les partisans d'Aristote. Il bannit la distinction ridicule des corps pesans & des corps legers ; il fit voir par une expérience faite en grand & en public, que les corps de pesanteur inégale tomboient de la même hauteur, avec la même vîtesse, & à peu près dans le même tems, abstraction faite de la résistance de l'air. Il bannit également la distinction des mouvemens *naturels* & *violens*, des mouvemens *rectilignes* & *circulaires*. Tout ce que l'observation présente est naturel. La nature est le seul agent de l'Être suprême ; elle est souveraine maîtresse & ne souffre point de violence : mais elle se varie à l'infini ; elle n'est la même, & toujours simple, que pour qui sait voir ses principes à travers ses produits. Les mouvemens circulaires sont une nature com-

posée, les mouvemens en ligne droite sont une nature plus simple. Képler avoit entrevu cette vérité par une métaphysique profonde; Galilée la démontra par le principe de la composition du mouvement. Un corps poussé par deux forces dans deux directions différentes, suit une direction intermédiaire: si les deux directions sont les côtés d'un quarré, il parcourt la diagonale. Or une courbe pouvant être considérée à la maniere d'Archimede, comme la réunion d'une infinité de petites lignes droites, on voit que chaque pas dans une courbe doit être fait en vertu de deux forces qui ont des directions différentes. Cette vérité de théorie est confirmée par l'expérience; elle conduisit Galilée aux principes de la ballistique & de l'artillerie. Une bombe en tombant ne suit une courbe que parce qu'elle obéit en même tems à deux forces, l'impulsion de la poudre qui la lance, & son poids qui la sollicite à descendre. Les bombes, les fusées volantes, tous les corps jetés obliquement, nous ont revélé, nous ont mis sous les yeux la maniere dont la nature opere les mouvemens curvilignes. Les mouvemens circulaires sont dans la même classe, ils naissent des mêmes moyens. L'antiquité a donc perdu son tems avec la loi primordiale des mouvemens circulaires; Képler a donc eu raison de ne la point admettre. Tout mouvement s'exécute en ligne droite, & une suite de petites lignes droites successivement inclinées les unes aux autres, nous offre l'apparence d'une coupe réguliere, à nous qui n'avons que les yeux de l'esprit pour appercevoir les détails des choses & les pas de la nature.

§. III.

La chûte accélérée des corps étoit un phénomène digne des méditations de Galilée. Ces corps tombent parce qu'ils sont

ſont peſans ; Galilée conſidéra la peſanteur comme une force attachée au corps, comme une force continuellement agiſſante ; il y trouva la cauſe de l'accélération. Dès que la peſanteur agit dans le premier inſtant de la chûte, il n'y a pas de raiſon pour qu'elle n'agiſſe pas dans le ſecond & dans les différens inſtans ſucceſſifs. La vîteſſe acquiſe & la vîteſſe nouvelle forment une vîteſſe proportionnelle au tems, & le mouvement s'accélere. Galilée s'éclairoit par la réflexion, mais il marchoit l'expérience à la main. La chûte verticale des corps eſt très-rapide & pour donner un peu plus de tems à l'obſervation, il ſe ſervit de plans inclinés ; il y fit rouler des corps, & il montra que quelle que fût l'inclinaiſon, le mouvement s'accéléroit conſtamment, les eſpaces parcourus dans les inſtans ſucceſſifs étoient comme la ſuite des nombres impairs 1, 3, 5, 7, 9, 11, &c., & ces eſpaces, pris du commencement, étoient toujours comme les quarrés des tems écoulés (*a*). Telle eſt la loi de l'accélération. Grande & utile découverte ! C'eſt une lumiere nouvelle jetée ſur l'avenir ; ce travail de Galilée influera ſur tous les travaux futurs. On ne peut entrer dans la théorie des mouvemens accélérés, ſans avoir recours à ce beau théorême, que les eſpaces parcourus ſont comme les quarrés des tems. Ici tombe encore un préjugé ; c'eſt un des débris de l'antiquité, briſés ſous les pas des modernes. Il n'exiſte pas plus de mouvemens uniformes que de mouvemens curvilignes. Képler, en découvrant la vraie forme, la forme elliptique des orbites planétaires, avoit apperçu & conſtaté une inégalité réelle dans le mouvement des aſtres ; Galilée montra & meſura cette

(*a*) Les corps parcourent 15 pieds dans la premiere ſeconde, trois fois 15 ou 45 pieds dans la deuxieme, cinq fois 15 ou 75 dans la troiſieme, &c. en 1″ ils ont donc quinze pieds de chûte, en 2″ ſoixante pieds, en 3″ cent trente-cinq. Ces nombres ſont comme les quarrés 1, 4, 9 des nombres 1, 2 & 3.

même inégalité dans les mouvemens terrestres, qui se passent sous nos yeux, dont nous sommes plus maîtres, & que nous pouvons varier & faire recommencer à notre gré.

§. IV.

MAIS cette découverte importante n'auroit peut-être pas été faite sans une autre découverte, qui fut présentée par le hasard, c'est celle de la mesure du tems par le pendule. Dans l'étendue des petits espaces que l'homme peut faire parcourir, la chûte des corps ne se mesure point par des heures, ni par des minutes. Un corps tombant du sommet d'une tour, ou roulant sur des plans inclinés, unis & façonnés exprès, n'emploie que des secondes, & en petit nombre. Nous doutons que les horloges les plus parfaites de ce tems pussent marquer exactement ces petits intervalles de la durée. Il n'étoit pas nécessaire que ces intervalles fussent précisément d'une seconde, il suffisoit qu'ils fussent égaux, & que l'on pût observer l'inégalité des espaces parcourus & correspondans. C'est le hasard sans doute qui nous présente ce tableau changeant & infiniment varié des faits & des circonstances, mais c'est le génie qui fait les voir & les distinguer dans la foule. Galilée considéroit un jour les oscillations d'une lampe suspendue à une voûte : ce spectacle, souvent renouvelé, étoit muet pour le reste des spectateurs; Galilée y trouva un sujet de méditation. Il s'apperçut que toutes les vibrations s'accomplissoient dans un tems sensiblement égal, quoique leur étendue diminuât continuellement, jusqu'à l'instant où le mouvement cesse, & où la lampe reste en repos dans la ligne verticale. Ce phénomène, qu'on nomme l'isochronisme des pendules (a), lui parut

(a) On appelle *pendule*, un corps, ou un poids suspendu à l'extrémité d'un fil, ou d'une verge de métal, qui oscille autour d'un fixe.

important & utile. Il s'apperçut encore que, toutes choses égales d'ailleurs, les vibrations étoient d'autant plus lentes que le pendule étoit plus long, que la lampe suspendue étoit plus éloignée du point de suspension. Il se vit donc en possession d'un instrument propre à mesurer la durée; instrument qui donnoit des intervalles toujours sensiblement égaux, & des intervalles qu'on pouvoit augmenter ou diminuer à volonté, en rendant l'instrument, ou le pendule, plus long ou plus court. Nous ne doutons point que Galilée n'ait fait usage du pendule dans ses belles expériences de la chûte des corps; la durée égale de leurs vibrations lui servit de moyen & de degré pour arriver à la connoissance des loix de leur accélération.

§. V.

Cette découverte, qui devint depuis si utile & si féconde entre les mains d'Huygens, ne précéda pas de beaucoup la découverte également importante des télescopes. Cette derniere ne pouvoit être imaginée, ni même conçue avant de paroître sur la terre. Si un souverain eût ouvert un concours, en disant, vous voyez ces astres éloignés de plusieurs millions de lieues, ces astres, qui sont l'ouvrage du créateur, je demande la maniere de les rapprocher de nous, du moins en apparence, & de leur donner plus de grandeur & plus d'éclat, le projet auroit paru ridicule, personne ne se fût présenté, & ce souverain eût paru insensé. Ce n'est que le hasard qui peut produire ces inventions inespérées; l'Être suprême en tient les moyens dans sa main, & les laisse échapper au moment marqué dans l'ordre des choses. Le dix-septieme siecle commençoit, où l'astronomie alloit marcher à pas de géant; la nature, qui, à cette époque, devoit faire éclorre une foule de grands hommes, leur

préparoit des moyens & des ressources ; elle ouvrit le ciel, elle étendit le théâtre de leurs travaux.

On connoissoit depuis le treizieme siecle la propriété qu'ont les verres convexes & lenticulaires de grossir les objets. On faisoit usage de ces verres pour les vues affoiblies ; on travailloit aussi des verres concaves pour les vues courtes. Descartes rapporte qu'un nommé Jacques Métius de la ville d'Alcmaer en Hollande, homme sans étude, mais qui s'amusoit à faire des miroirs & des verres brûlans s'avisa un jour de regarder à travers deux verres dont l'un étoit convexe & l'autre concave. Ce premier hasard eût été inutile, s'il n'avoit pas été accompagné d'un second encore plus extraordinaire, c'est que ces deux verres se trouverent placés & dans la disposition, & à la distance nécessaire, mais unique pour grossir les objets (*a*). Ce phénomène lui dévoilà tout à coup son bonheur, & l'avantage de sa découverte. Le télescope inventé fut bientôt construit : il ne s'agit plus que de renfermer les lentilles dans un tuyau pour en fixer la position, & pour écarter la lumiere étrangere. On fait même honneur de cette découverte à l'enfance, qui moins guidée par la raison, est l'agent naturel du hasard. Les enfans d'un lunetier de Middelbourg jouant avec des verres dans la boutique de leur pere, tomberent sur la combinaison qui grossit les objets ; ce lunetier se nommoit Zacharie Jans ; on cite encore Jean Lapprey de la même ville. Ainsi avec Jacques Metius voilà trois prétendans ; mais malgré le témoignage de Descartes, M. de Montucla, qui a discuté ce fait dans son excellente histoire des Mathématiques (*b*), paroît porté à croire que le premier & véritable inventeur est

---

(*a*) Dioptrique, p. 2.
(*b*) Borel, *de vero telescopii inventore.* Histoire des Mathématiques, Tome II, p. 167.

Zacharie Jans, lunetier de Middelbourg. Ne nous étonnons plus que les inventions anciennes ſoient enveloppées de tant d'obſcurité, puiſque cette invention récente au tems de Deſcartes, étoit déjà couverte de tant d'incertitude. Les académies offrent à cet égard un avantage ; les objets qu'on leur préſente, qui ſont inſcrits dans leurs regiſtres, ont des dates fixes, authentiques, les inventeurs ſont déterminés. Ces dépôts ſacrés ſont les archives de l'eſprit humain.

§. VI.

Les effets merveilleux du nouvel inſtrument frapperent les eſprits; ce prodige excita la curioſité publique, & la renommée en porta la nouvelle à Galilée (*a*). Il ſut ſeulement que l'on avoit trouvé une combinaiſon de deux verres, par laquelle les objets paroiſſoient fort aggrandis. Il ne lui en fallut pas davantage ; cette étincelle embraſa ſon génie. Il eut bientôt épuiſé les combinaiſons des verres & des diſtances ; ſon coup d'eſſai fut une lunette qui donnoit des images trois fois plus grandes que les objets vus à l'œil nu : il parvint bientôt à en compoſer une qui les amplifioit trente-trois fois ; & c'eſt à peu près la perfection de cette eſpece de lunette & de cette combinaiſon d'un verre convexe avec un verre concave, combinaiſon bornée par ſa nature (*b*). Si le véritable inventeur eſt celui qui cherche avec connoiſſance de cauſe, & qui de principe en principe parvient au but qu'il s'eſt propoſé, Galilée eſt l'inventeur du téleſcope. Voilà donc Galilée, & par lui l'eſpece humaine, en poſſeſſion de deux nouveaux organes, l'un pour meſurer les petites portions de la durée, les pas égaux du

(*a*) Vers le mois de Mai 1609, *Nuncius ſyder.* p. 6.

(*b*) Hiſtoire de l'Aſtron. mod. *Infrà* §. 12.

tems, l'autre pour étendre l'empire de l'homme, pour rapprocher de lui, & ramener à sa portée les choses qui échappent à son œil, ou par leur petitesse, ou par leur distance.

Au reste, comme le remarque M. l'abbé Frisi (a), c'est l'usage du télescope qui fait le plus d'honneur à Galilée ; cet instrument fut d'abord en Hollande, comme l'aimant à la Chine un objet de curiosité. La vue humaine, ainsi étendue, devenoit trop précieuse pour l'employer aux choses terrestres & familieres. Galilée n'eût vu sur le globe que des domaines occupés, partagés entre les grands & les riches ; il tourna sa lunette vers le ciel, où la philosophie devoit acquérir des connoissances nouvelles, & le génie trouver des domaines, qui n'appartiendroient qu'à lui.

§. VII.

Il considéra d'abord la lune ; sa surface claire & argentée, semée de taches obscures que le vulgaire prend pour les traits d'un visage, lui parut sillonnée de creux & de profondeurs, hérissée d'aspérités. En observant les variations de la partie éclairée du disque, depuis le croissant jusqu'à la nouvelle lune, il vit que les progrès de l'illumination étoient irréguliers, il vit des traits de lumiere s'élancer du fond obscur. La lune emploie un demi-mois à s'éclairer toute entiere : il jouit du spectacle de voir marcher le jour sur cette petite planete, comme un être suspendu au haut de l'atmosphère verroit les rayons de l'aurore se porter d'abord sur le sommet des monts dorés de leurs couleurs, puis descendre dans les plaines pour y porter le jour. Galilée étoit libre des préjugés de l'école ; il ne

---

(a) M. l'abbé Frisi, Essai sur la vie & sur les découvertes de Galilée.

balança point à reconnoître la nature terreſtre dans la lune (*a*). Il jugea que ces traits lumineux ſur le fond obſcur, ces points brillans, qui s'éloignent hors du terme de la lumiere & précedent ſon arrivée, ſont des ſommets de montagnes éclairées avant les plaines. Il jugea que les parties unies, mais lumineuſes, étoient les plaines du ſol, les parties obſcures les plaines des eaux. L'apparence extérieure de la lune eſt donc ſemblable à celle de la terre; Galilée penſa même qu'elle pouvoit avoir une atmoſphère (*b*). Mais il vit de ſes yeux, il put démontrer ce que les anciens avoient ſeulement ſoupçonné, que les aſtres errans de la nuit, les globes lumineux ſont auſſi lourds; auſſi matériels que celui qui nous porte, & qu'ils nous rendent l'office que nous leur rendons (*c*) de nous éclairer pendant l'abſence du ſoleil, qui eſt la ſource commune de la lumiere. Galilée ne ſe borna pas à ces conſidérations philoſophiques; il meſura ou eſtima la diſtance des points lumineux vus ſur la lune au cercle qui termine ſa portion éclairée, & il en tira la méthode de déterminer la hauteur des montagnes lunaires. Selon lui cette hauteur ſurpaſſoit une de nos lieues; d'où il réſulte que la lune a des inégalités plus grandes que notre globe, relativement à ſa petiteſſe (*d*)

§. VIII.

GALILÉE, en tournant ſon téleſcope vers les étoiles fixes, fut bien étonné de ne pas voir ces aſtres aggrandis comme il avoit vu la lune. Le philoſophe fut trompé; il avoit cru vraiſemblablement y appercevoir des détails qui éclairciroient leur nature; mais il n'y vit rien de plus que des points brillans,

(*a*) Galilée, *Nuncius ſydereus*, p. 7.
(*b*) *Ibid.* p. 12.
(*c*) *Ibid.* p. 15.
(*d*) *Ibid.* p. 15.

tels qu'on les voit à la vue ſimple. Les étoiles grandes & petites préſentoient à-peu-près la même apparence (a) ; les plus belles, dépouillées de leurs couronnes, rentroient dans l'égalité. La ſcintillation avoit diſparu, Galilée y trouva la cauſe du phénomène. Ce tremblement de la lumiere augmente conſidérablement les étoiles ; & les lunettes, en faiſant diſparoître cet effet, les diminuent plus que la puiſſance des verres ne les augmente. Mais ce qui l'étonna le plus, c'eſt la multitude des étoiles que le téleſcope fit paroître, &, pour ainſi-dire, créa dans les champs du ciel. On n'avoit connu juſqu'alors que ſix degrés de grandeur parmi les étoiles ; il eſt le premier qui ait parlé du ſeptieme ordre, qu'il appelle *le premier des inviſibles* (b). Il voulut les compter, mais effrayé du nombre, il s'arrêta ; le tems lui auroit manqué : il s'eſt borné à parcourir quelques-unes des plus belles conſtellations, pour y obſerver les nouveautés, dévoilées à la curioſité humaine. Orion eſt le plus grand & le plus brillant des aſtériſmes céleſtes ; ſon baudrier & ſon épée, où l'on n'avoit jamais vu que neuf étoiles, en laiſſoient voir plus de quatre-vingt : la conſtellation en contenoit plus de cinq cent nouvelles. Galilée en découvrit trente-ſix dans les Pléiades, qui étoient au nombre de ſix ou ſept pour les anciens.

Le ciel, ainſi étendu, devenoit un nouveau monde : ce ſpectacle étoit, pour un aſtronôme, ce que ſeroit celui de la lumiere & des objets de la nature pour un homme dont l'œil s'ouvriroit tout à coup à la ſenſation de la vue. Appelé à tant de jouiſſances, tourmenté du nombre & de la variété des choſes, toutes auroient ſon hommage, ſeroient touchées de ſes mains, pénétrées de ſon regard ; mais impatient, il voudroit

(a) *Nuncius ſydereus*, p. 16. (b) *Ibid.* p. 17.

ſe multiplier pour jouir partout à la fois & dans un ſeul tems. Tel étoit Galilée ; il eût deſiré que ſon téleſcope eût embraſſé le ciel entier. Il étoit naturel que des étoiles il paſsât à cette bande lumineuſe nommée *voie lactée*, à cauſe de ſa blancheur. Nous diſons que les aſtres nous éclairent, que la lumiere eſt lancée de leur ſein vers nous : là nous voyons de la lumiere ſans aſtres ; il n'eſt plus de rayons, ni de centres lumineux ; ce ſont des particules amaſſées, revêtues d'un éclat doux & tranquille, c'eſt, pour ainſi dire, une ſemence impalpable de lumiere que le toucher de l'œil ne peut diſtinguer. Galilée s'aſſura, ou du moins il crut s'aſſurer, à l'aide du téleſcope, que cette lumiere foible & blanche, n'étoit cauſée que par l'amas d'un nombre infini de petites étoiles ſerrées par l'éloignement ; trop petites pour être diſtinguées ; leur lumiere preſque éteinte n'a que ce qu'il faut d'intenſité pour être foiblement ſentie. L'union eſt partout le principe de la force & de la puiſſance. C'eſt par cette union que la lumiere de ces étoiles eſt propagée, c'eſt ainſi qu'elle arrive à notre organe ; ſi la nature ne les avoit pas réunies en maſſe dans une zône du ciel, nous ignorerions leur exiſtence. Nous verrons par la ſuite ce qu'on doit penſer de cette opinion ſur la nature de la voie lactée ; elle n'étoit point nouvelle ; c'étoit l'opinion reſſuſcitée de Démocrite & des anciens. Galilée y fut conduit, ou du moins confirmé, par l'inſpection de quelques-uns de ces petits nuages blanchâtres, répandus, iſolés dans les eſpaces du ciel, mais qui, ſemblables en tout à la voie lactée, ſemblent ſortis de ſon cercle & échappés de ſon ſein. Ces petits nuages portent le nom *d'étoiles nébuleuſes ;* étoiles, en ce qu'ils ont de la lumiere & de l'éclat, nébuleuſes, en ce que cet éclat eſt foible, terne & fondu également dans un petit eſpace, comme celui des nuages blanchis par la lumiere du jour. Ptolémée

avoit marqué dans ſon catalogue deux de ces étoiles nébuleuſes, l'une à la tête d'Orion, l'autre au cœur de l'écreviſſe. Galilée y tourna ſon téleſcope, il vit avec joie ſans doute que cette apparence de nuage, qui s'offroit à la vue ſimple, avoit diſparu dans l'inſtrument, & n'offroit plus qu'un amas de petites étoiles; il en compta vingt-une dans la premiere, & quarante dans la ſeconde (*a*). Nous devons avouer que la confirmation dut lui paroître pleine & entiere; car s'il obſerva d'autres nébuleuſes, ſans y diſtinguer des étoiles, il put croire que ſon téleſcope n'avoit pas la force de les ſéparer, & qu'il avoit atteint le terme de ſa puiſſance.

§. IX.

GALILÉE, toujours avide de parcourir le vaſte champ qui s'étoit ouvert devant lui, porta ſa vue ſur les petites planetes. Le ſoleil & la lune avoient encore joui ſeuls du privilége de paroître à nos yeux, tous deux ſous la forme d'un globe lumineux, d'un diſque terminé; mais l'un s'annonçant par une lumiere rouge & brûlante qui fait baiſſer les regards, l'autre par une lumiere argentée, qui les appelle vers le ciel. Galilée, le 7 Janvier 1710, vit Jupiter, éclairé d'une lumiere ſemblable, enfermé dans un cercle, & comme une petite lune dans ſon plein. Les planetes qui juſqu'alors n'avoient été diſtinguées des étoiles que par leur mouvement propre, peuvent donc l'être par ce nouveau caractere, au premier coup d'œil aidé du téleſcope. Les étoiles ont une lumiere flamboyante; le nouvel inſtrument les en dépouille, & ne leur laiſſe que l'apparence d'un point brillant plus ou moins ſenſible. L'obſervateur apperçut trois de ces points lumineux à côté de la

(*a*) *Nuncius ſydereus.*

planete : il ne s'en étonna pas, c'étoient des étoiles qu'elle avoit rencontrées dans son chemin. Deux paroissoient à l'orient, une à l'occident. Le lendemain elles étoient toutes trois à l'occident ; le fait étoit simple à expliquer, l'astre les avoit dépassées : le lendemain il n'en vit plus que deux, & elles étoient à l'orient ; la troisieme pouvoit être cachée sous le disque, éclipsée par Jupiter, mais comment les deux autres avoient-elles changé de côté ? Jupiter étoit-il revenu sur ses pas ? Cela ne pouvoit pas se supposer. Il conclut que ces étoiles avoient un mouvement : de là il s'imposa la loi de les observer avec grand soin. Le 11 Janvier lui offrit la même apparence, le 12 il vit trois étoiles, le 13 il en vit quatre : enfin par des observations long-tems continuées, en suivant Jupiter pendant deux mois & dans différens lieux du zodiaque, il se demontra qu'il existoit dans notre systême quatre petits astres semblables en apparence aux plus petites étoiles, mais qui étoient forcés d'accompagner Jupiter comme ses gardes, & qui passant tantôt de sa droite à sa gauche, se montrant à des distances différentes de son disque, se cachant quelquefois derriere ce disque même, l'enveloppoient nécessairement par un mouvement circulaire, & pareil à celui des autres planetes. La comparaison de ces astres à la Lune étoit naturelle, l'analogie étoit frappante. Jupiter se transporte avec ses quatre satellites, comme la Terre marche avec la Lune solitaire, qui est son unique satellite. Voilà donc quatre astres créés dans le commencement des choses, & que nous n'avons connus qu'après des siecles. Habitans du même monde, sans l'industrie de l'homme, l'homme & ces astres n'auroient eu aucune relation. Que de choses existent dans cet univers immense, & n'existeront jamais pour nous ! Galilée se félicita de cette conquête ; elle est aussi pure qu'elle est utile. Ce monde,

ajouté au nôtre, ne coûte ni trajet de mer orageuse, ni perte d'hommes. On n'y trouve point d'or, mais les sciences y ont gagné des vérités, la perfection de la géographie & de la navigation : le commerce appuyé sur elles s'est étendu ; la vie des hommes a été plus assurée. Il n'est point de conquêtes de Prince qui aient si peu coûté à l'humanité, & qui lui aient valu tant d'avantages ! Képler avoit donc bien deviné que la Lune pouvoit suivre la Terre ; l'exemple n'étoit plus unique. Les satellites de Jupiter détruisent une objection élevée contre Copernic (a) ; ils font découvrir un nouvel ordre de planetes secondaires & subordonnées ; de planetes qui reçoivent la loi, qui obéissent à une autre planete, comme elle-même obéit au Soleil. Galilée tenta de nommer ces planetes *astres de Médicis*. Cette apothéose n'étoit point une flatterie, ce n'étoit que l'expression de la reconnoissance d'une grande ville, longtems gouvernée par une famille bienfaisante. Le nom de Médicis étoit déjà cher aux arts ; mais les honneurs les mieux mérités ne sont pas les plus durables. Au sortir des mains de Galilée, la théorie de ces astres fut cultivée en France & en Angleterre, où ce nom n'avoit pas les mêmes titres. Ces planetes appartiennent plus à Jupiter qu'aux princes de la terre, elles garderent le nom de ses satellites.

§. X.

GALILÉE passoit de surprise en surprise ; il considéra Saturne, & il dût être bien étonné de le voir sous la forme d'un triple corps. Deux moindres disques paroissoient attachés au plus grand, rangés à ses côtés, & lui formant comme des bras. Ce n'est pas encore le moment de dire la raison de ces apparences :

(a) *Nuncius sydereus*, pag. 17 & suiv.

il ne faut pas aller plus vîte que le tems, qui laiſſe agiter les difficultés, & qui amene enfin les éclairciſſemens. L'imagination travaille avant de produire; on ſe repréſenta le vieux Saturne, le plus ancien des Dieux, l'emblême du tems, marchant lentement, chargé du poids des ſiecle, à l'aide de deux écuyers qui ſoutenoient ſa décrépitude (*a*). Mais lorſque Galilée eut occaſion de revoir Saturne après un intervalle (*b*), il le trouva parfaitement rond, il n'y avoit plus qu'un diſque, les deux écuyers avoient diſparu; il devenoit l'image de la vieilleſſe abandonnée, mais on ſe rappela ſon hiſtoire, & on dit qu'il avoit dévoré ſes enfans.

Une autre découverte non moins ſinguliere fut celle des taches du ſoleil. Galilée avoit la vue d'une aigle, il oſa fixer cet aſtre, & il vit ce que l'antiquité n'auroit jamais imaginé, & ce qu'elle n'auroit vu qu'avec douleur. Il y découvrit des taches d'autant plus noires qu'elles contraſtoient avec l'éclat du ſoleil: inégalement ſemées ſur ſon diſque, elles étoient tantôt grandes, tantôt petites, & en plus ou moins grand nombre; quelquefois auſſi l'abſence de ces taches honteuſes laiſſoit à l'aſtre toute ſa gloire. La ſource de la lumiere n'eſt donc pas pure! Ce n'étoit pas aſſez d'avoir ôté aux planetes leur intelligence & leur ame, de les avoir montrées ſous la forme de corps lourds & matériels, ſillonnés, hériſſés d'aſpérités, maîtriſés par des loix inconnues, mais mécaniques; il falloit forcer l'antiquité dans ſon ſanctuaire, en montrant que le feu, *cette plus digne ſubſtance*, qui avoit mérité l'hommage des philoſophes & les adorations des hommes, étoit ſouillé de taches & d'impuretés. Tout eſt mélange dans la nature; les contraires unis ſont les élémens de tout ce qui eſt phyſique & matériel:

(*a*) *Voyez* la figure 4.

(*b*) En 1612.

le monde n'a de pur que la vérité dans le ciel, & la vertu sur la terre.

§. XI.

Un des plus grands services que Galilée ait rendu à l'astronomie, c'est de lui avoir fourni une nouvelle preuve & une démonstration du systême de Copernic. Parmi les planetes les plus éloignées, Saturne, Jupiter & Mars, dans les deux systêmes, offriroient à peu près les mêmes apparences; elles seroient toujours presque également éclairées à cause de leur distance, soit qu'elles tournassent autour du Soleil, soit qu'elles eussent la Terre pour centre de leur mouvement. Mais les deux plus petites, Vénus & Mercure, si elles tournent autour de la Terre, en suivant pas à pas le Soleil, ne peuvent jamais paroître que pleines, si elles sont au delà; presque toujours noires & obscures, si elles sont en-deçà, & à peine avec un croissant très-délié de lumiere, lorsqu'elles s'éloignent vers la droite ou la gauche du Soleil. Dans le systême de Copernic au contraire, où elles tournent autour de cet astre, elles doivent montrer tantôt un disque plein, tantôt un disque obscur, & toutes les phases intermédiaires que l'on observe dans les changemens de la Lune depuis son foible croissant jusqu'à sa lumiere pleine & entiere. Copernic avoit osé annoncer que si notre organe avoit la faculté de voir ces deux petites planetes comme nous voyons notre satellite, on verroit qu'elles subissent les mêmes variations. L'organe reçut cette faculté des mains du hasard, & Galilée vit ces phases; il les observa distinctement se succéder les unes aux autres. Les anciens Egyptiens avoient bien connu ce mouvement de Vénus & de Mercure autour du Soleil; mais chez eux ce n'étoit qu'un systême vraisemblable, une combinaison établie sur certaines apparences & sur la

difficulté des explications. Ici c'étoit un phénomène apperçu des yeux du corps, on ne pouvoit pas s'y refuser, le doute n'étoit plus permis. On voyoit Vénus entierement éclairée, puis à moitié, puis en croissant; elle cessoit de paroître, paroissoit de l'autre côté du Soleil. Le croissant, le demi-disque, le disque entier se remontroient. Il est clair que dans l'intervalle elle avoit passé devant le Soleil, & qu'en achevant cette révolution, elle passoit derriere lui. Ce mouvement évidemment démontré conduisoit au mouvement des autres planetes & de la terre elle-même autour du même centre. Tycho seul auroit pu expliquer tout dans son systême bizarre; mais ce systême détruisoit l'uniformité de dessein & de vues dans le plan général de l'Univers: il étoit aussi contraire à la raison qu'à la nature; car la raison nous apprend que la simplicité des principes est la perfection de ce grand ouvrage, & la nature ne nous montre de variété que dans les détails & dans les formes. Tycho à peine mort, le systême étoit déjà abandonné, il n'avoit plus de partisans. On peut résister à la vérité nouvelle, mais la vérité bien connue est un torrent qui entraîne tout.

§. XII.

Voila ce que l'astronomie dût à l'invention du télescope: l'instrument inventé en Hollande, connu & fabriqué en Italie par Galilée, trois ou quatre grandes découvertes, tout cela fût l'affaire de quelques mois. Ce court intervalle nous révela plus de vérités de la physique céleste que trente siecles ne nous en avoient appris. Képler cependant resta tranquille en Allemagne: on s'étonnera sans doute qu'il ne soit point entré dans une carriere ouverte à tant de gloire; mais Képler composoit alors les Tables rudolphines, fondées sur les observations de Tycho.

Fidelle à ses engagemens, il s'étoit imposé le devoir de publier le fruit des longs travaux de ce grand observateur; il sentoit encore l'obligation d'en faire jouir le public : & disons tout, un intérêt personnel l'attachoit à ce travail. La découverte des loix des mouvemens célestes étoit un bonheur dont il concevoit toute l'importance; ces loix ne pouvoient être justifiées, irrévocablement établies que par leur accord avec les observations. Des Tables dressées sur les observations de Tycho, & fondées sur ces loix, étoient un monument qu'il élevoit à la gloire de Tycho & à la sienne; d'ailleurs il avoit plus le génie de la recherche des causes que le goût de l'observation. L'homme ne suffit pas à tout; concentré dans lui-même, seul avec ses grandes idées, il livra le monde à la curiosité de Galilée. Quand on écrit pour le tems, on grave sur le bronze; Képler écrivit pour la durée des sciences & de l'esprit humain, en enchaînant ses loix aux mouvemens des astres, & dans le ciel, où elles sont tous les jours manifestées.

Il étoit cependant fait pour être frappé de l'idée du télescope; il y appliqua même son génie. Nous lui devons la meilleure construction des télescopes, celle qui nous a rendu le plus de services, & la seule dont aujourd'hui nous faisions usage. La premiere disposition de cet instrument étoit un verre concave, combiné avec un verre convexe; mais elle est très-bornée dans ses effets. On ne peut faire grossir beaucoup sans resserrer beaucoup la petite partie du ciel, exposée à la vue, qu'on appelle le champ de la lunette. Képler apperçut qu'on pouvoit combiner ensemble deux verres convexes (a). Cette nouvelle disposition a seulement l'inconvénient de renverser les objets. Il paroît cependant que ne s'étant pas arrêté sur

(a) Dioptrique, Képler, prop. 86.

cette

cette idée, il n'en a point connu tous les avantages; peut-être, comme l'a soupçonné M. de Montucla (a), est-ce parce qu'il jugea assez inutile d'essayer une combinaison, qui ne devoit différer de la premiere qu'en ce qu'elle renverseroit les objets. Il n'en faut pas davantage pour arrêter l'esprit humain dans sa marche.

§. XIII.

Nous allons expliquer les principes & l'usage de l'instrument auquel nous avons tant d'obligations.

Nous avons dit que la lumiere, en passant d'un milieu dans un autre, par exemple, de l'air dans le verre, se réfracte, change sa route, excepté dans le cas unique où elle se présente perpendiculairement à la surface du milieu (b). Quand on oppose à la lumiere une lentille convexe de verre, le rayon qui l'enfile par son milieu, passe droit sans se détourner, on l'appelle *l'axe du verre*, les autres éprouvent en entrant & en sortant deux réfractions qui tendent également à les rapprocher de cet axe (c). Tous les rayons s'y réunissent dans un petit espace nommé *le foyer*, & y forment une image; quand la lentille a une ou deux surfaces concaves, la lumiere au contraire s'écarte de cet axe (d). Cela posé, les objets éloignés cessent d'être vus par deux causes, parce que leur lumiere s'affoiblit, & parce que leur grandeur diminue. La vision distincte exige qu'il se réunisse un certain nombre de rayons dans un seul point de notre œil, sur *la rétine*, afin que le nerf optique soit plus fortement ébranlé. Un corps lumineux peut être considéré comme l'assemblage d'une multitude de points lumineux.

(a) Hist. des Math Tome II, p. 170.

(b) *Suprà*, Tome I, p. 200.

(c) *Voy* la fig. 7, le rayon A F passe droit, le rayon R M se réfracte en M & en N, & les deux réfractions le rapprochent de l'axe AF.

(d) *Voy.* la fig. 8, le rayon AF, ne se réfracte point, le rayon R M se plie en M & en N, & s'écarte de l'axe en sortant, de maniere qu'il converge, vers un point F qui est de l'autre côté du verre.

Chacun de ces points est le centre d'une infinité de rayons, qui se propagent tous en ligne droite, mais en s'écartant les uns des autres, & cet écartement mutuel s'appelle leur divergence. La lumiere divergente, en s'éloignant du centre, est toujours de moins en moins serrée, il y en a moins dans un espace égal, & c'est ainsi qu'elle s'affoiblit. Lorsqu'un œil se présente dans la sphere de ces rayons, on conçoit qu'il en tombe une certaine quantité sur l'ouverture de la prunelle; à mesure que l'objet s'éloigne de l'œil, la prunelle en reçoit moins, & en même tems la divergence des rayons, qui y sont reçus, diminue (a): or l'œil est conformé pour bien voir, de maniere que les rayons, qui arrivent avec une certaine divergence, réfractés dans le cristallin & dans les humeurs de l'œil, deviennent convergens, pour se réunir & se peindre dans un seul point de la rétine. Mais on sent que ces humeurs doivent avoir une réfringence déterminée: lorsque l'objet s'éloigne, lorsque la divergence diminue avec excès, la réfraction dans l'œil les rend trop convergens; ils s'unissent avant d'arriver à la rétine, & l'on voit confusément, ou l'on ne voit point du tout: lorsque l'objet est trop proche, la divergence est trop grande, la réfraction ne peut rendre les rayons assez convergens, ils vont se réunir au-delà de la rétine; & l'on voit mal par une raison contraire. Si la forme de l'œil étoit invariable, on ne verroit un objet que d'une distance déterminée & unique. Mais la nature, qui a particuliérement travaillé pour l'homme, la nature qui lui étale tant de merveilles, a voulu qu'il vécût avec tous les êtres, du moins dans une certaine sphere dont il est le centre, & elle lui a donné le pouvoir de varier la forme de son œil. La prunelle

(a) *Voyez* la figure 9.

s'ouvre pour recevoir plus de rayons, lorſque la lumiere eſt foible ; elle ſe rétrécit pour tempérer l'éclat d'un jour trop vif : en même tems elle s'applatit, le fond s'approche pour atteindre le point de réunion des rayons trop convergens, partis d'objets éloignés ; l'œil s'allonge, le fond s'éloigne pour ſuivre les rayons moins convergens qui vont ſe réunir au-delà de la rétine. Les presbites, dont l'œil eſt conformé pour voir de loin, voyent mal, par trop de divergence, les objets proches ; alors ils uſent de verres convexes, ou d'une loupe qui diminue cette divergence. Les miopes au contraire, ou les vues courtes, voyent mal les objets un peu diſtans, parce qu'il n'y a pas aſſez de divergence ; c'eſt pourquoi ils ſe ſervent d'un verre concave qui diſperſe les rayons, & leur donne le degré de divergence néceſſaire pour la viſion diſtincte. Le verre objectif (*a*) d'un téleſcope eſt une loupe tournée vers les objets céleſtes ou vers les objets terreſtres éloignés. La plupart de ces objets ſont aſſez loin pour que les rayons n'ayent preſque plus de divergence, & puiſſent être regardés comme parallèles : alors le verre, la loupe les rend ſi convergens, que l'objet ne peut être vu diſtinctement par un œil placé au foyer ; mais ſi l'œil ſe place avant le foyer, où réſide cet excès de convergence, s'il ſe ſert comme les miopes, d'un verre concave, qui diſperſe les rayons, il donne à ces rayons la diſpoſition néceſſaire pour opérer la viſion diſtincte ; c'eſt ce qui arrive dans le téleſcope de Hollande ou de Galilée.

§. XIV.

Telle étoit la conſtruction fournie par le haſard, & devinée

(*a*) Dans une lunette compoſée ordinairement de deux verres, celui qui eſt tourné vers l'objet ſe nomme l'objectif, celui près duquel on applique l'œil ſe nomme l'oculaire.

par Galilée : Képler alla plus loin ; il vit que cette construction n'étoit pas unique ; il vit qu'il n'étoit pas nécessaire d'aller prendre les rayons avant le foyer, & qu'on pouvoit très-bien les saisir après leur passage & leur réunion dans ce point. La convergence n'est que la tendance de deux ou de plusieurs lignes vers un point ; les rayons s'y croisent, passent sans s'y arrêter, se séparent en suivant chacun leur ligne droite, & la convergence devient divergence. C'est cette remarque qui doit avoir fondé la théorie du nouveau télescope de Képler. Il sentit que les rayons qui se réunissent au foyer, y portent, y peignent une image de l'objet : cette image ; c'est comme l'objet même ; c'est comme si malgré la distance, par une puissance magique, on avoit amené dans l'intérieur de la lunette & au foyer de l'objectif l'astre que l'on observe. Qu'arriveroit-il alors ? Ce qui arrive aux objets que l'on voit de trop près. Les rayons toujours d'autant plus divergens qu'ils sont plus près de leur départ, les rayons partis de cette image, comme d'un nouvel objet, ont trop de divergence ; cette divergence a besoin d'être corrigée par un second verre convexe ; il faut donc employer la loupe pour rendre l'objet distinct.

Tel est l'avantage du télescope pour remédier à l'affoiblissement de la lumiere ; mais il n'eût jamais rendu de grands services à l'homme, si le moyen de disposer la lumiere pour la vision n'étoit pas attachée par la nature des choses à la puissance d'aggrandir les objets. Tout ce que nous avons dit de la convergence & de la divergence des rayons lancés d'un seul point du corps lumineux, peut se dire également des rayons envoyés des deux points opposés, qui embrassent la grandeur ou l'étendue d'un objet. Deux rayons partent des deux extrémités du diametre de la lune, ils s'inclinent, ils convergent l'un vers l'autre pour aboutir dans un point de mon

œil ; c'eſt avec ces deux rayons que je ſaiſis l'objet, & c'eſt par leur écartement que j'eſtime la grandeur. Le verre convexe qui augmente la convergence, doit donc néceſſairement aggrandir l'objet. L'image formée au foyer de l'objectif eſt déjà plus grande que celle qui eût été formée dans l'œil nu. Mais ce n'eſt pas tout ; Képler, en appliquant ſur cette image un nouveau verre convexe, nous a rendus les maîtres d'augmenter preſque à volonté cette convergence, & de groſſir conſidérablement les objets. Le téleſcope doit donc être conſidéré comme un véritable microſcope. Le premier verre, l'objectif, vous ſoumet une image de l'objet éloigné, & vous y portez la loupe, qui a le pouvoir de l'amplifier ; vous conſidérez donc Jupiter, qui eſt à cent cinquante millions de lieues de vous, qui eſt mille fois plus gros que notre terre, de la même maniere que vous obſervez le ciron, qui échappe à la vue par ſa petiteſſe, comme le vaſte globe par ſa diſtance. L'homme les ſoumet également à ſon pouvoir, ils ſont tous deux vus au microſcope : s'il oſa ſe faire le centre des choſes, la nature le juſtifie ; elle l'a plâcé comme un milieu entre la petiteſſe & la grandeur, elle le ſuſpend entre deux infinis dont il eſt enveloppé.

§. XV.

Képler, en inventant cette conſtruction, ne l'exécuta pas, & n'en fit point uſage. Les hommes, toujours indolens pour les découvertes d'autrui, toujours pareſſeux pour employer ce qu'ils n'ont point inventé, ont été long-tems ſans s'en ſervir ; cette invention eſt reſtée enfouie pendant trente ans dans l'optique de Képler, il a fallu qu'elle fût renouvelée par le P. de Rheita ; c'eſt lui qui en a fait jouir le monde ſavant, & l'idée de Képler étoit ſi inconnue, que le P. de

Rheita en a eu long-tems tout l'honneur; c'eſt même avec une ſorte de juſtice, puiſqu'il en a mieux connu les avantages que Képler, occupé & diſtrait par d'autres méditations. Afin de ne pas revenir ſur ce ſujet, puiſque nous avons vanté la puiſſance du téleſcope, nous devons dire les limites que la nature y a miſes. Dieu ne nous permet que des moyens bornés comme nous; il nous laiſſe acquérir des organes pour nous avancer dans l'univers, mais non pas pour atteindre les termes de la nature, dont il s'eſt réſervé la connoiſſance entiere. L'image formée au foyer de l'objectif, l'image que nous conſidérons avec la loupe eſt éclairée des rayons, qui ont paſſé à travers l'ouverture de cet objectif. Lorſque nous voulons groſſir cette image, nous ne pouvons y parvenir, nous l'avons dit, qu'en augmentant la convergence des rayons : en diminuant la longueur du faiſceau des rayons réfractés dans cette loupe, nous rendons le faiſceau plus large; un eſpace égal contient moins de lumiere que dans un faiſceau plus allongé; c'eſt, à la lettre, une pointe que nous émouſſons : l'impreſſion ſe partage ſur plus de points de la rétine, la lumiere s'affoiblit, & les objets deviennent ſombres, à proportion de ce qu'on les groſſit. Il eſt donc un terme où l'obſcurité arrête nos efforts, & où l'on ceſſe de voir diſtinctement, lorſqu'on a trop augmenté la grandeur des objets aux dépens de leur clarté. Telle eſt la condition humaine, que nous n'inventons pas un moyen ſans rencontrer un obſtacle, & que chaque reſſource eſt liée néceſſairement à l'inconvénient qui la limite.

§. XVI.

Galilée eut des rivaux qui n'étoient pas de ſon ordre, & des prétendans à ſes découvertes, qui n'ont fait aucun tort à ſa gloire. Simon Marius, aſtronôme de l'Electeur de Brande-

bourg, prétendit avoir découvert les satellites de Jupiter au mois de Novembre 1609; il prend à témoin de la vérité du fait M. Fuchs à Bimbach, conseiller intime de l'Electeur, mais il ne mit au jour l'ouvrage où il publia cette découverte qu'en 1614, quatre ans après Galilé. Il faut publier promptement ce qu'on sait, ce qu'on a vu de nouveau dans les sciences, les tardifs sont toujours malheureux. Il seroit injuste de prononcer sur la prétention de Simon Marius, mais il ne peut l'emporter contre un grand homme qui avoit parlé avant lui: son idée la plus singuliere fut d'avoir voulu donner aux satellites les noms des maîtresses de Jupiter, Io, Europe, Calisto, auxquelles il joignit Ganimede (*a*). Ce n'étoient plus des gardes, c'étoit le serrail du maître des Dieux. Mais ce qui lui fait réellement tort, c'est qu'il se pressa trop de déterminer les mouvemens de ces astres; il accompagna son annonce d'une très-mauvaise théorie. Galilée, peut-être un peu fâché de le rencontrer dans son chemin, alla même jusqu'à croire qu'il ne les avoit jamais vus. Dominique Cassini lui est plus favorable; il ne doute point que Simon Marius n'ait vu les satellites de Jupiter, mais il pense sur sa théorie comme Galilée. On peut dire encore que deux prétentions se nuisent; il avoit également vu les taches du soleil. Quand on a vu tant de choses, il est fâcheux de se laisser prévenir, & de ne le dire qu'après les autres. Une découverte qui lui appartient réellement est celle de la Nébuleuse dans la ceinture d'Andromede; Nébuleuse différente de celles qui étoient connues. Celles-ci ont une lumiere pâle, terne, mais partout égale; la Nébuleuse d'Andromede est un point blanc d'où sortent plusieurs traits d'une lumiere de la même nature, mais distinguée en rayons. Cette lumiere

(*a*) Weidler, p. 432.

a donc un degré de plus pour s'approcher de l'éclat des étoiles; elle est une sorte de nuance entre la lumiere mate & égale des Nébuleuses ordinaires, & la lumiere rayonnante des fixes.

§. XVII.

GALILÉE trouva des concurrens plus redoutables pour la découverte des taches du soleil. Celui qui paroît les avoir vues le premier, du moins si l'on consulte les titres publics, c'est Jean Fabricius, qui les vit à Vittemberg, & qui fit imprimer le détail de ses observations au mois de Juin 1611. Le second concurrent fut le P. Scheiner, Jésuite, qui les apperçut, dit-il, dès le mois d'Avril ou de Mai de la même année; il les fit voir à ceux qui assistoient à ses observations. On prétend qu'ayant fait part de sa découverte au provincial de son ordre, zélé péripatéticien, celui-ci refusa d'y croire. » J'ai lu, lui » dit-il, plusieurs fois mon Aristote tout entier, & je puis » vous assurer que je n'y ai rien trouvé de semblable; allez, » mon fils, ajouta-t-il, tranquillisez-vous & soyez certain » que ce sont des défauts de vos verres ou de vos yeux que » vous prenez pour des taches dans le soleil (a) ». C'est en croyant que tout étoit renfermé dans la philosophie greque, en ne cherchant point de nouveaux faits, en n'examinant pas les anciennes conclusions; c'est en se reposant ainsi, que l'esprit humain a été si long-tems sans mouvement & sans progrès. Le savant Jésuite ne fut point arrêté par ce jugement; il se convainquit que les taches n'étoient point dans ses yeux, parce qu'elles étoient différentes, différemment placées un jour que l'autre, parce qu'elles étoient les mêmes pour différens yeux. Elles n'étoient point dans le verre, parce que faisant tourner

(a) Histoire des Mathématiques, Tom. II, p. 127.

en

en rond, les taches auroient suivi ce mouvement du verre, si elles avoient été adhérentes ; mais elles restoient immobiles comme l'astre. Ces apparences ne sont point non plus dans l'air interposé entre le soleil & nous; elles se levent & se couchent avec lui. Cette constance à s'accompagner seroit bien extraordinaire, si les taches & l'astre ne se tenoient pas ; elles sont vues à travers les nuages legers de l'atmosphere, elles ne sont pas plus de parallaxe que le soleil, elles sont donc aussi éloignées que lui (*a*). Le Provincial inflexible ne voulut point que le P. Scheiner publiât ses idées & ses découvertes sous son nom ; il lui permit seulement de les exposer dans trois lettres adressées à son ami Velser, en se cachant sous le nom d'Apelles *post tabulam.* Elles ont été imprimées en Janvier 1612.

§. XVIII.

Le P. Scheiner alla plus loin ; il reconnut que ces taches avoient un mouvement propre, très-sensible, sur le disque du soleil (*b*). Il les vit diminuer de grandeur en approchant de ses bords, puis disparoître au bout d'environ treize à quatorze jours de trajet, & se remontrer au bord opposé, après avoir achevé leur tour. Il en conclut que ces taches enveloppoient le Soleil de leur mouvement; mais il oublia, ou il ne connut point la conjecture ingénieuse de Képler sur la rotation du Soleil (*c*) : il crut que ces taches ne tenoient à cet astre que comme Jupiter tient à ses satellites ; il en fit de petites planetes qui tournoient autour du Soleil. Quelques-unes de ces taches lui avoient paru assez rondes pour autoriser ce soupçon. Si elles nous paroissent plus grandes au centre du disque, c'est, selon lui, qu'elles

(*a*) *Epistola ad M. Velserum*, 12 Nov. 1611.

(*b*) *Ibid.*

(*c*) *Suprà*, p. 60.

nous présentent alors toute leur partie obscure ; en approchant des bords, en s'éloignant du centre du soleil, cette partie commence à s'éclairer ; ce qui est illuminé se confond dans l'éclat du soleil, leur partie obscure est échancrée, & c'est ainsi qu'elles diminuent de grandeur (a).

Velser ayant fait part de ces lettres à Galilée, celui-ci répondit que ce phénomène n'étoit pas nouveau pour lui ; il avoit vu les taches dix-huit mois auparavant (b). Il fut d'accord avec le P. Scheiner, que ces apparences n'étoient ni dans l'œil, ni dans le verre, ni dans l'air, & qu'elles se mouvoient avec le soleil. Mais il le combattit sur l'idée ridicule d'en faire des planetes ; elles sont d'une figure irréguliere, leur forme varie, le mouvement est le même pour toutes, il faudroit qu'on les vît reparoître constamment, ce qui n'arrive pas. Il en est qui naissent au milieu du soleil, sans qu'une inspection attentive les y ait vu entrer ; d'autres disparoissent avant d'avoir approché les bords de cet astre, & atteint le terme de leur mouvement visible (c). C'est ce qui décida Galilée à regarder ces taches comme produites de la substance du soleil, & adhérentes à sa surface. C'est parce qu'elles tiennent à cette surface, qu'elles nous paroissent plus grandes dans le milieu du disque, dans la partie qui est le plus directement exposée à nos yeux. Vers les bords, dont la rondeur fait fuir les parties, & ne nous les laisse voir qu'inclinées, les taches qui y sont attachées diminuent de grandeur apparente comme ces parties. Cette explication appartient à Galilée, on ne peut la lui disputer. Mais on a tort de n'en faire honneur qu'à lui. Lorsqu'un homme de génie s'est élevé, s'est fait connoître, il enchaîne l'attention de tous

(a) *Epistola ad M. Velf.*, 26 Décemb. 1611.

(b) Galilée *in macul. sol. Epist. ad M. Velf.*

(c) *Ibid.* 25 Jul. 1612.

les esprits ; on épie ses regards, on recueille ses paroles : ceux qui sont assis plus bas ne sont pas entendus. Tout ce qui est abandonné au jugement des hommes est donc sujet à l'injustice ; & dans la république des lettres comme dans les autres états, les rangs font tout, & les droits des grands engloutissent tous les autres ! Jean Fabricius avoit dit les mêmes choses que Galilée, & avant lui ; il avoit reconnu que les taches étoient dans le soleil même, que sa rondeur étoit la cause de leur diminution vers les bords ; il avoit même rappelé la conjecture ingénieuse de Képler sur la rotation de cet astre. On voit qu'il incline à assigner cette cause, non encore suffisamment établie, au mouvement des taches (*a*). Nous lui rendons ici la justice qui lui est due : c'est après l'enthousiasme cessé, après les honneurs décernés au génie vivant, que l'histoire impartiale prononce ; elle distribue avec équité les places grandes & petites, & à chacun suivant sa mesure. Ce Jean Fabricius étoit fils de David Fabricius, qui avoit découvert en 1596 l'étoile changeante de la Baleine (*b*) ; étoile nouvelle, plus singuliere que les autres du même genre, étoile qui nous présentera des phénomènes étonnans, mais que nous ne devons pas annoncer avant le tems. David Fabricius fit des observations ; il est encore remarquable pour une explication de la route elliptique que Képler avoit assignée aux planetes, il faisoit voir que cette courbe, selon lui apparente, naissoit de la composition de plusieurs cercles (*c*). Son fils avoit meilleure vue, étoit plus philosophe que lui ; ce n'étoit pas l'être alors que de combattre pour le systême de Ptolémée & pour les mouvemens circulaires.

(*a*) Joan. Fabricius, *Narratio de maculis*, 1611.

(*b*) Képler, *Astron. opt.* p. 446.

(*c*) Képler, *Epitom. astron. cop.* p. 673.

§. XIX.

L'HOMME, aidé du télescope, s'étoit avancé dans l'espace, mais la nature, en lui ouvrant tant d'avenues de la vérité, n'auroit rien fait pour lui, à qui le tems manque toujours, si elle ne lui avoit inspiré le moyen de le ménager & de l'étendre par l'économie. Les recherches, en devenant plus nombreuses, plus profondes, plus délicates, exigeoient de longs calculs arithmétiques. Les sinus, par exemple, dont on fait un si grand usage dans l'astronomie, les sinus qui sont des fractions du rayon, considéré comme l'unité, étoient exprimés en décimales. Ces décimales sont d'autant plus exactes qu'elles contiennent plus de chiffres. On employoit alors cinq décimales; il falloit donc sans cesse multiplier, ou diviser des nombres de cinq chiffres: multiplier cinq chiffres l'un par l'autre, c'est faire vingt-cinq multiplications. Lorsqu'un travail demandoit une infinité de ces opérations, l'esprit étoit découragé, le tems s'écouloit, la vie se consumoit en efforts & en dégoûts; heureux encore d'achever sans qu'une faute commise eût forcé de recommencer. Tel calcul où l'on emploie un mois aujourd'hui demandoit peut-être alors trois années; c'est pourquoi nous avons tant loué Képler d'avoir trouvé du tems, & de n'avoir pas été rebuté de son emploi (*a*). Le baron de Neper, Ecossois, montra des routes plus faciles, & il a rendu son nom immortel, comme celui des bienfaiteurs du monde. Son moyen est simple, c'est l'union d'une progression arithmétique avec une progression géométrique. Mais ces moyens simples sont le fruit des idées profondes & lumineuses. Tout est progression dans le monde physique: le tems, ce sont des instans ajoutés à d'autres instans;

(*a*) *Suprà*, p. 52.

l'enfemble des êtres, c'eft la nature diverfifiée, s'avançant par des pas plus ou moins fenfibles depuis la molécule de terre brute & inanimée, jufqu'à l'Être éclairé, honoré de la lumiere immortelle : elle a fes degrés de grandeur, de dureté, de pefanteur, de force & de durée, de nuance en nuance elle paffe d'une extrémité à l'autre. C'eft elle que nous avons imitée dans la progreffion arithmétique, où en ajoutant fans ceffe un nombre à un même nombre, nous nous tranfportons comme elle, à pas égaux ; nous parcourons l'échelle depuis zero, depuis le néant jufqu'à l'infini. L'efprit humain, en s'élevant de l'addition à la multiplication, a imaginé une nouvelle maniere de marcher vers l'infini, une nouvelle progreffion, en multipliant fans ceffe un nombre par un autre, ce font encore des pas égaux, mais plus preffés, plus rapides. Telle eft la progreffion géométrique.

§. XX.

Si l'on conçoit une fuite de nombres, commençant par 0, & croiffant toujours d'une unité telle que 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, &c. enfin la fuite des nombres naturels, ce fera une progreffion arithmétique : fi l'on conçoit encore une fuite de nombres, formée par l'unité continuellement multipliée par dix, telle que 1, 10, 100, 1000, 10000, 100000, 1000000, ce fera une progreffion géométrique. Toutes celles qu'on peut imaginer auroient atteint le but du baron de Neper, il a dû choifir les plus fimples. C'eft la progreffion arithmétique qui s'avance par des unités, & la progreffion géométrique qui fe propage par les produits de dix, comme les décimales. Il remarqua que dans ces deux progreffions les pas font égaux, correfpondans, & en nombre égal. Dans l'une, l'unité eft autant de fois répétée qu'il y a dans l'autre de produits de dix.

Ce nombre égal d'additions & de multiplications lui fit concevoir l'idée heureuse de substituer une opération à l'autre; il regarda ces deux suites infinies de nombres comme deux langues, dont les expressions analogues pouvoient toujours être traduites de l'une dans l'autre, en employant les termes correspondans. Il donna aux nombres de la suite arithmétique le nom de logarithmes, & il écrivit ainsi ces deux suites.

Nombres.	*Logarithmes.*
1	0
10	1
100	2
1000	3
10000	4
100000	5
1000000	6

Lorsqu'on veut avoir le produit de deux nombres de la premiere, il suffit d'additionner les nombres correspondans de la seconde; si l'on veut multiplier cent par mille, les deux nombres correspondans sont 2 & 3, qui ajoutés l'un à l'autre font 5, & vis-à-vis de 5 on trouve 100000, qui est le produit de cent par mille. Si au contraire on veut diviser 100000 par 100, on prend les nombres correspondans 5 & 2, on les retranche l'un de l'autre, le reste est 3 vis-à vis duquel on trouve le nombre 1000, qui est le quotient de la division. Nous avons choisi un exemple très-simple, mais il suffit pour comprendre les plus difficiles. On conçoit que ces suites peuvent être poussées, en suivant la même loi jusqu'à l'infini; mais on aura remarqué déjà que nous n'avons donné ici les logarithmes que des nombres, qui croissent multipliés par dix. Le baron de Neper n'auroit rien fait, s'il n'eût pas donné les loga-

rithmes des nombres intermédiaires. Les nombres depuis un jusqu'à dix ont pour logarithmes des fractions au-dessous de l'unité. Les nombres depuis dix jusqu'à cent ont également pour logarithmes des nombres fractionnaires ajoutés à l'unité, &c. On ne découvre tous ces logarithmes que par des calculs longs & pénibles; c'est par là qu'ils tiennent à la haute géométrie, qui depuis abrégea ces calculs. Mais après que Neper eût été éclairé par cette idée de génie, il a fallu qu'il se dévouât à la patience & à l'ennui, pour faire à l'esprit humain le plus beau présent qu'on lui ait jamais fait, celui de substituer à la multiplication & à la division, opérations toujours longues & pénibles, deux opérations aussi simples qu'expéditives, l'addition & la soustraction. C'est un instrument éternel pour la recherche de la vérité & pour creuser la nature. Neper a abrégé les travaux futurs, il a donné du tems à l'homme, mais il a fallu qu'il consumât sa vie pour allonger celle de ses successeurs. Neper cacha le secret de ces nombres singuliers & utiles; on dit que Képler le devina. Le fils de Neper, après sa mort, dévoilà cette composition mystérieuse; depuis ce tems Brigg, Anglois, Ursinus de Brandebourg, Ulacq, Hollandois, ont perfectionné, étendu ces Tables, & nous devons à l'idée de Neper, & à leurs veilles, les progrès que l'astronomie a faits par le calcul.

§. XXI.

Nous avons laissé long-tems Képler, il s'occupoit à la construction des Tables Rudolphines, il refaisoit la machine du monde, & après l'avoir posée sur des fondemens neufs, les vieilles parties s'écrouloient successivement. Képler exposa clairement les causes des variations de la latitude des planetes. L'une est réelle & physique, & naît du mouvement de la

planete dans son orbite inclinée à l'écliptique ; elle s'éloigne ou s'approche de ce plan, c'est ce qui fait changer sa latitude : l'autre est optique & naît du mouvement de la terre, qui, s'approchant ou s'éloignant de la planete, voit sous un plus grand ou sous un plus petit angle l'élévation de l'astre sur le plan de l'écliptique, ce qui est une seconde cause de variation. Il affirma que l'inclinaison de la route des planetes étoit invariable *(a)*. Il détruisit à jamais toutes les librations imaginées par Ptolémée, & conservées par Copernic & Tycho. Il dit très-bien que Copernic ne connoissoit ni ses richesses, ni la fécondité de son hypothèse *(b)*.Képler conçoit cependant que ces inclinaisons doivent changer, en raison du changement de l'obliquité de l'écliptique. Il ne vouloit pas qu'on établît des recherches fondamentales sur une base variable & inconstante ; l'écliptique terrestre ne lui sembloit pas digne de cet honneur, il proposa de choisir un cercle fixe, nommé écliptique royale *(c)*, pour y rapporter tous les mouvemens ; & ce cercle, c'étoit l'équateur du soleil, le grand cercle de sa rotation. S'il y quelque chose de permanent dans le ciel, c'est dans la masse immobile qui jouit du repos qu'elle ôte à tous les autres corps.

§. XXII.

Képler ayant représenté le mouvement de toutes les planetes dans une ellipse, où elles observent la loi des aires proportionnelles au tems, en déduisit très-bien l'équation unique de leur mouvement inégal. C'est ainsi qu'il avançoit dans le travail des Tables Rudolphines ; mais la lune offroit des difficultés de plus. Elle a trois équations différentes, & si l'une de

(a) *In stellam Martis*, C. XIV, p. 82.
(b) *Ibid.* p. 81.
(c) *Ibid.* C. LXVIII, p. 319.
Epitome Astron. Copern. p. 754.

ces

ces équations pouvoit être expliquée par le mouvement elliptique, les deux autres, savoir, celle de Ptolémée, qui est la plus grande dans les quadratures, & celle de Tycho, qui a toute sa grandeur dans les octans, présentoient des effets nouveaux & des causes compliquées. Képler ayant remarqué que ces variations suivoient à peu près la même loi que les phases, son génie lui montra que ces inégalités dépendoient du soleil; & s'il se trompa, en leur assignant pour causes la disposition des fibres, la position des pôles magnétiques de la lune relativement à la terre, du moins il posa le principe, que la vertu solaire s'ajoutoit à la vertu terrestre pour modifier le mouvement de la lune; ce qui sera très-vrai, si, comme cela est naturel, on attache au mot vertu l'idée de force.

§. XXIII.

Ce grand homme varia beaucoup sur la distance & la parallaxe du soleil : il paroît qu'il fit tantôt cette distance de 1432, tantôt de 1800, enfin de 3438 demi-diametres terrestres (*a*), si on la déduit de la parallaxe qu'il établissoit d'environ une minute. C'étoit reculer beaucoup le soleil, c'étoit approcher beaucoup plus de la vérité que Tycho. Il varia également sur la quantité du diametre de la lune. Cette incertitude naissoit du progrès de l'art d'observer. En cherchant à mieux faire, on avoit des résultats différens ; en variant les différentes especes d'observations, on avoit des erreurs différentes : on n'étoit pas encore assez éclairé pour un choix difficile, & l'inconstance étoit naturelle. Képler joignoit à tout cela des principes assez philosophiques ; il avança que la différence des

(*a*) *De stellâ novâ*, c. 16. Ephem. p. 2. Tables Rudolphines, Prec. 141, pag. 98.

révolutions des planetes démontroit la différence de leur densité. Il établit que le soleil est de tous les corps le plus dense; ceux qui le sont le plus après lui, sont rangés le plus près de lui ; & comme il vouloit toujours rendre les grandes vérités familieres, il cherche dans la nature terrestre, que nous pouvons peser avec la main, des exemples de ces différences & de ces rapports des densités. Il compare Saturne au diamant, Jupiter à l'aimant, Mars au fer, la Terre à l'argent, Vénus au plomb, Mercure au vif-argent, & le Soleil, qui est le plus lourd, &, selon lui, le plus dense des astres, à l'or, le plus pesant comme le plus précieux des métaux *(a)*. Cet ordre des densités *(b)* des planetes est presque le véritable. Les planetes les plus éloignées sont celles qui renferment le moins de matiere, relativement à leur volume : le soleil que Képler croyoit le plus dense, est le seul qui s'écarte de la regle qu'il osa lui prescrire. Cette regle étoit fondée sur l'hypothèse si naturelle, que les corps les plus lourds devoient être rangés le plus près du centre. Mais souvent ce qui semble naturel nous trompe. Le tems n'étoit pas venu de pénétrer ces mysteres ; il étoit réservé à Newton de peser les corps célestes & d'estimer leur pesanteur relative.

Pour mieux embrasser tout, Képler vouloit tout classer ; il partageoit l'univers en trois régions principales : la premiere est celle qu'occupe le corps du Soleil, sphere dont le rayon est égal, selon lui, à quinze fois celui de la Terre : la seconde s'étend depuis le Soleil jusqu'à Saturne, embrassant tous les corps mobiles par un rayon de 30000 demi-diametres : enfin

(a) *Epitom. Astronom. Coper.*, pag. 487 & suiv.

(b) La densité est la quantité de matiere relativement à un volume donné. De deux corps qui ont le même volume, si l'un pese le double de l'autre, il renferme une fois plus de matiere, il est une fois plus dense : si avec la même pesanteur, il a une fois plus de volume, il est une fois moins dense.

la troisieme commence à Saturne, & passe jusqu'au-delà des fixes dans une étendue de 6000000 de ces demi diametres. Ces espaces, quoique beaucoup trop petits, étoient déjà très-considérables. On s'avançoit dans l'infini, dont l'idée ne s'acquiert, comme nous l'avons dit, que successivement & par aggrégation. Il trouva d'autres proportions entre les distances & les grandeurs des astres (*a*); mais ces proportions étoient appuyées sur des mesures défectueuses; &, comme elles ne sont pas vraies, nous n'en parlerons pas. Il prêtoit le flanc par ses erreurs; aussi le P. Riccioli n'a-t-il pas manqué de l'attaquer (*b*); mais Képler, déjà repris sur la proportion des diametres apparens par Jean-Remi Quietanus, est convenu qu'ils ne cadroient pas avec ses hypothèses. Il étoit presque tenté de les préférer, ainsi que l'harmonie des nombres, aux observations mêmes, tant les vues générales & les grands rapports peuvent égarer les hommes, mais ce ne sont que les hommes de génie.

§. XXIV.

KÉPLER mit au jour en 1619 son ouvrage *Harmonices mundi*. Voici l'occasion de cette nouvelle production. Pythagore avoit représenté les cinq élémens par les figures des cinq corps réguliers (*c*). Képler les avoit placés dans les intervalles des planetes. Platon nommoit Dieu l'éternel géometre, Képler croyoit qu'il n'avoit rien produit sans y attacher une beauté géométrique (*d*); les formes idéales les plus parfaites approchoient, selon lui, de celles que le créateur avoit suivies dans la fabrication du monde (*e*); ou plutôt, comme toutes ces

(*a*) *Epit. Astron. Cop.* p. 490.
(*b*) Riccioli Almag., Tom. I, p. 714.
(*c*) Hist. Astron. anc., p. 215.
(*d*) *Harmonices mundi*, Lib. V, p. 194.
(*e*) *Ibid.* Lib. I, p. 239.

formes lui sembloient avoir leur source dans l'entendement divin, il croyoit que la géométrie étoit un rayon de l'intelligence suprême. L'homme, en l'inventant, s'étoit élevé aux idées que Dieu peut se former de la perfection (*a*). De là naissoient les efforts de Képler pour trouver les proportions des distances dans les rapports des corps réguliers. Il ne faut pas que l'admiration nous aveugle, nous ne devons pas placer si haut la dignité des sciences. Dieu sans doute a composé l'univers de rapports, mais ces rapports dont nous appercevons à peine les plus simples & les plus généraux, sont si multipliés, si compliqués, que la plus profonde géométrie ne les pénétrera jamais. Cette géométrie divine n'est que la science de la nature; son étendue & sa profondeur sont au-delà des forces & des moyens humains.

Képler, digne successeur de Platon & de Pythagore, étoit persuadé comme eux que les propriétés des nombres renfermoient une infinité de connoissances. Pythagore y apperçut la musique, les élémens de la nature; Platon y découvrit les attributs divins; Bodin montroit les trois gouvernemens du peuple, des grands & des rois dans les trois proportions arithmétique, géométrique & harmonique (*b*). C'étoit une ancienne folie que les Grecs nous avoient laissée, & qui nous agitoit encore. Euclide, gêometre péripatéticien, a traité des cinq corps réguliers dans les derniers livres de sa géométrie, que Képler regardoit comme le but de tout l'ouvrage. Ramus, peu habile en géométrie, mesurant la clarté par son intelligence, vouloit rejeter ces livres comme obscurs & inutiles. Képler entreprit de venger Euclide, Pythagore & l'excellence des corps réguliers; & ce motif, qui paroît d'abord peu utile au monde, ce travail sur des idées

(*a*) *Harmonices mundi*, Lib. I, p. 2.   (*b*) *Ibid.* Lib. III, p. 89.

chimériques & hors de la nature, a produit une des plus grandes découvertes qu'on ait jamais faites. L'ouvrage de Képler, qui est rempli de tant d'idées creuſes, contient une ſeule vérité par laquelle il eſt immortel.

§. XXV.

VOILA bien du tems perdu, diront les hommes qui blâmeront Képler de s'être amuſé à ces recherches vaines. La médiocrité, pour ſe conſoler de ſon abaiſſement, s'applaudit du mépris qu'elle a pour ces recherches, & croit être vengée de la hauteur du génie par ſes chûtes. Mais qu'il nous ſoit permis d'expoſer ici nos idées & la métaphyſique des découvertes. Nous découvrons des vérités particulieres, nous en tirons des réſultats, ce ſont là nos œuvres. L'obſervation ne ſauroit être trop circonſpecte, ni trop timide, il faut qu'elle voie pluſieurs fois, il faut qu'elle ſe multiplie pour aſſurer ſes récits. L'homme eſt paſſif en les recevant, mais les réſultats ſont des actes de ſa puiſſance intellectuelle. Quoiqu'il nous ſoit interdit de connoître la nature de l'eſprit, cependant nous appercevons que ſon eſſence eſt le mouvement; dès que ſon action ceſſe, la matiere reſte immobile, & l'homme s'endort dans le ſommeil de tous les jours & dans le ſommeil de l'éternité. C'eſt ce mouvement qui produit les compoſitions dans les arts, les découvertes dans les faits généraux de la nature; ce ne ſont que des rapprochemens & des combinaiſons: ſi la faculté de mouvoir les idées acquiſes eſt l'eſſence de l'eſprit, ſi le génie n'eſt qu'une faculté plus permanente & plus étendue, doit-on ſe plaindre que toutes les combinaiſons ne ſoient pas heureuſes? Nous avons cela de commun avec la nature; toutes ſes combinaiſons ne ſont pas profitables; un ſol fertile, mais inculte, fait croître plus de plantes paraſites que de végétaux

utiles ; c'eſt un ſurcroît de force, un luxe de fécondité. Le génie a comme elle ſon luxe & ſon excès de force. Peu de ſauvageons méritent d'être perpétués par la greffe, peu de rapports apperçus par l'eſprit, ſont dignes d'être conſervés par le tems. Mais tout ce qui naît dans nos campagnes eſt l'ouvrage d'une nature féconde & bienfaiſante ; tout ce qui vient du génie, ſes écarts comme ſes chefs-d'œuvres, eſt dû à un mouvement créateur, & découle de la même ſource productive.

§. XXVI.

On dira que Képler ſe repoſant après avoir produit des combinaiſons, & méditant ſur elles, auroit dû élaguer les rapports futiles, & laiſſer la vérité iſolée & ſans ombre étrangere. Nous ne prétendons pas excuſer ſon amour pour les propriétés myſtérieuſes des nombres ; deux grands hommes, Pythagore & Platon, coupables comme lui de cette erreur, peuvent ſeuls le juſtifier. Képler, aſſez voiſin du renouvelement des lettres, ſe laiſſa entraîner par ſon reſpect pour la philoſophie antique, impoſante comme un objet grand & vaſte, & chérie alors comme une maîtreſſe ſéduiſante & nouvelle. Mais ſi le génie s'écarte, ce n'eſt qu'en errant autour de ſon objet. C'eſt beaucoup d'avoir ſenti que la nature avoit des loix ſimples dans la production du mouvement des planetes, d'avoir aſſez préſumé de l'eſprit humain pour tenter de les découvrir, & d'y avoir conſumé ſa vie. Doit-on compter les efforts quand on voit les ſuccès ? Nous qui jouiſſons des bienfaits de Képler, que nous importent les jours, les veilles perdues, & ce que la vérité a coûté de mépriſes ? Il eſt indubitable qu'il a cherché ces loix. Il voyoit que les planetes accompliſſoient autour du ſoleil des révolutions d'autant plus longues que leurs orbes

ſont plus étendus. Il ſentoit par cet inſtinct, qui conduit l'homme éclairé vers la vérité, qu'il devoit y avoir une relation entre le diametre de ces orbes & le tems employé à les décrire. Il épuiſa les combinaiſons, & dans le nombre il trouva que les tems des révolutions étoient comme les racines quarrées des cubes de ces diametres. Cette loi établie ſur les révolutions de toutes les planetes, a été confirmée par les ſatellites de Jupiter, dont les mouvemens n'étoient pas bien déterminés du tems de Képler, par ceux des ſatellites de Saturne, qui n'ont été découverts que depuis. Képler aſſignoit donc des loix aux aſtres encore inconnus.

§. XXVII.

Il avoit cependant aſſez de diſcernement; l'eſprit philoſophique ſuivoit aſſez ſon génie, pour n'en pas confondre les productions. La découverte de cette loi du mouvement, mêlée à beaucoup de combinaiſons, n'eſt pas expoſée comme les autres. Il ſemble que le doigt de Képler y ſoit reſté pour l'indiquer à ſes lecteurs, & pour la ſéparer de la foule dont elle eſt environnée; il en donne la date, il compte les efforts qu'il a faits pour y parvenir, il ſentoit donc que cette découverte en étoit le prix; il la jugeoit dès-lors mémorable, comme la poſtérité l'a jugée.

» Après avoir trouvé les vraies dimenſions des orbites par
» les obſervations de Tycho, & par l'effort d'un long travail,
» enfin, dit-il, enfin, j'ai découvert la proportion des tems
» périodiques à l'étendue de ces orbites;

Sera quidem reſpexit,
Reſpexit tamen, & longo poſt tempore venit.

» & ſi le tems peut en être intéreſſant, ce fut le 8 Mars de

» l'année présente 1618 que cette proportion me vint dans » l'esprit ; mais l'ayant mal appliquée au calcul, je la rejetai » comme fausse. J'y revins cependant le 15 Mai par un nouvel » effort, & le voile tomba de mes yeux. Tant d'épreuves » répétées, dix-sept ans de travail sur les observations, une » longue méditation contribuerent au succès. Je croyois d'abord » rêver & mettre en principe ce qui étoit en question ; mais » il est très-vrai & très-exact que les tems périodiques de » deux planetes quelconques sont précisément en raison des » racines quarrées des cubes de leurs distances moyennes au » soleil.

Un homme qui détaille ainsi une découverte, soit raison ou instinct de génie, en a senti toute l'importance. Mais après cet élan sublime, Képler se replonge dans les rapports de la musique avec les mouvemens, les distances & les excentricités des planetes. Dans tous ces rapports harmoniques, il n'y a pas un seul rapport vrai ; dans une foule d'idées il n'y a pas une seule vérité. Il redevient homme, après s'être montré comme un esprit de lumiere.

§. XXVIII.

L'ANNÉE 1618 fut féconde en cometes, il en parut trois. La premiere au mois de Septembre ; elle étoit très-obscure, & ne fut apperçue que des astronômes attentifs. La seconde parut dans la Coupe le 19 Novembre (a) ; son apparition fut courte. La troisieme qui étoit très-brillante, suivie de la queue la plus longue qu'on eût vue depuis cent cinquante ans (b), se montra près de la Balance le 29 du même mois, & parut

(a) Képler, *de cometis*, p. 53.

(b) *Ibid.* p. 62.

jusqu'au mois de Janvier suivant (*a*). Ces cometes réveillerent l'attention des astronômes & particuliérement de Képler. Jean-Baptiste Cysatus, Suisse du canton de Lucerne, se distingua par une observation curieuse; il paroît être le premier qui ait considéré une comete à travers le télescope. Au milieu de la nébulosité de la chevelure, qui est le caractere distinctif des cometes, il remarqua un espace plus lumineux & d'une clarté plus dense & plus serrée; c'est proprement le disque & le corps de la comete, il l'appela le noyau: il crut même y remarquer des interruptions de lumiere, & comme des crevasses (*b*). Mais nous avons peine à croire que les télescopes peu perfectionnés qu'on avoit alors pussent montrer de pareils détails, qui n'ont pas même été bien confirmés depuis.

Tycho démontra le premier que les cometes sont au-dessus de la lune. Tycho & Mœstlin avoient regardé le mouvement des cometes comme circulaire; Képler ne fut pas de ce sentiment: il pensoit que les mouvemens circulaires, ou elliptiques, n'appartiennent qu'à des corps qui ont une révolution & des retours périodiques. Il avoit raison, mais il falloit s'élever à concevoir ces retours. Il trouva plus vraisemblable de supposer que le mouvement de ces astres s'exécute en ligne droite; alors les cometes ne tenant point à notre systême, passoient selon lui, près de la terre, sans s'embarrasser de nous, & nous approchoient pour s'éloigner à jamais (*c*). Il s'applaudissoit d'avoir trouvé la route des cometes, sans employer la parallaxe; mais c'est précisément le défaut de sa méthode. Il est simple que le lieu qu'occupe aujourd'hui la comete, fasse un angle avec celui qu'elle occupoit hier; la suite des mouvemens

(*a*) Képler, *libro de cometis*, pag. 47 & 58.

(*b*) Weidler, p. 448.

(*c*) Képler, *de cometis*, p. 2 & 3.

position d'un mouvement en ligne droite. Il avoit observé la comete de 1607 (*a*); il détermina le sens de son mouvement dans les régions du ciel, puis calculant les positions qui en résultent, il les compare aux positions observées. Il ne fut pas étonné de trouver quelquefois plus de quarante minutes de différence sur la longitude, & plus d'un degré sur la latitude. Les observations des cometes avoient alors beaucoup d'incertitude; on étoit content de ne pas s'éloigner davantage. Mais cette incertitude empêchoit d'examiner une théorie supposée; ses défauts se confondoient avec l'erreur des observations, & on rejetoit tout sur une pratique qui n'étoit pas encore perfectionnée.

Comme les deux dernieres cometes de 1618, venues du même lieu du ciel, parurent presqu'en même tems, Képler ne s'éloignoit pas de croire que ce pouvoit être une seule comete partagée en deux. Il s'appuie du témoignage de l'historien Ephore, qui dit qu'on a vu de son têms une comete se diviser ainsi; & il reprend assez vivement Seneque d'avoir douté de la vérité du fait. Il pense que si quelques observateurs ont été assez heureux en 1618 pour saisir le moment de ce partage, on aura deux grands faits pour établir l'existence du phénomène (*b*). Mais ce moment ne pouvoit être saisi, l'opinion que les cometes, en s'évanouissant, se partageoient en plusieurs petites étoiles, ou en plusieurs cometes, étoit une idée, une erreur de Démocrite, & un préjugé de l'antiquité (*c*).

On juge bien que Képler s'occupa de la formation des cometes; ces objets profonds plaisoient à son génie. Il établit

(*a*) Kepler, *de cometis*, p. 33.
(*b*) *Ibid.* p. 49.
(*c*) Histoire de l'Astr. anc. p. 231.
Riccioli Almag, Tom. II, p. 44.

qu'elles naissent dans l'éther comme les poissons dans les eaux, Dieu a créé ces astres pour habiter les grands espaces de l'univers, comme il a créé les baleines & les monstres de la mer pour peupler les vastes solitudes de l'océan. Il va plus loin, & remarquant que le soleil a été vu sombre & de couleur de sang pendant quelques jours, comme en 1547, pendant une année entiere, comme à la mort de César pendant quelques jours, il en conclut un épaississement de l'éther ; & lorsque l'éther s'épure, les cometes se composent des matieres grossieres qui troubloient sa transparence (*a*). Nous faisons l'histoire des opinions ; ces explications chimériques, ces erreurs sont, comme les vérités découvertes, le produit de l'esprit humain. Képler fut plus heureux en expliquant la queue des cometes toujours opposée au soleil ; il croit qu'elle est produite par le choc des rayons solaires, qui traversent la masse de la comete, & emportent avec eux les parties les plus legeres de sa substance. Mais la queue des cometes est courbée vers son extrémité ; cette courbure ne peut être due aux rayons solaires, toujours mus en ligne droite : elle est donc l'effet d'une autre cause ; & Képler indique cette cause, en montrant que la tête se meut avec plus de vîtesse que l'extrémité de la queue (*b*). Ces explications sont restées ; mais leur auteur, qui a fait de si grandes choses, n'étoit pas encore assez débarrassé des idées astrologiques ; il avoit cette complaisance pour son siecle. On le voit expliquer l'influence des cometes, en supposant que la terre passe au travers de leurs longues queues : les cometes sont alors en conjonction avec le soleil ; elle ne sont pas visibles, & dans l'hypothèse, celles qu'on ne voit pas seroient les plus redoutables. Aussi Képler leur attribue-t-il l'affoiblissement de la

(*a*) Képler, *de cometis*, pag. 99.

(*b*) *Ibid.* p. 101.

lumiere du ſoleil, dont les hiſtoriens ont pluſieurs fois parlé *(a)*. Une choſe ſinguliere, c'eſt que Képler, moins perſuadé de l'aſtrologie que Tycho, a cependant oſé plus que lui, puiſqu'il a fait un livre des effets annoncés par les cometes de 1619; & quoique les idées de ce livre ſoient un peu moins ridicules que celles de tous les aſtrologues précédens, elles le ſont beaucoup pour Képler; il a même fait un autre petit ouvrage, où il compare les évenemens avec les prédictions de la comete de 1607 *(b)*.

§. XXX.

ENFIN les Tables Rudolphines, qui furent pour Képler l'objet de tant de travaux, & l'occaſion de tant de découvertes, parurent en 1627, vingt-ſix ans aprés la mort de Tycho; c'eſt le plus beau monument qu'un diſciple ait jamais élevé à la mémoire de ſon maître. Ce ſont les premieres Tables où l'on ait employé pour le calcul la nouvelle invention des logarithmes. L'aſtronomie n'en avoit jamais vu de plus exactes; elles furent les meilleures pendant plus d'un demi-ſiecle; ce qui eſt une longue durée relativement aux progrès rapides que fit la ſcience dans ce court intervalle. Ce fut preſque le dernier ouvrage de ce grand homme : ſa vie, ſi occupée, ſi glorieuſe pour lui, ſi utile aux ſciences, fut encore troublée par le ſoin de pourvoir à la ſubſiſtance de ſa famille. Il ne lui ſuffiſoit pas d'élever les ſciences à une grande hauteur, il falloit les enſeigner pour vivre. Il avoit de modiques penſions, il vivoit dans un tems malheureux, on ne les lui payoit pas : il falloit faire des voyages pour des ſollicitations; il perdoit le tems toujours bien cher au génie, & il uſoit ſon ame & ſes forces par l'inquiétude.

(a) Képler, *de cometis*, p. 104. (b) *Ibid.* p. 122.

C'eſt bien aſſez des efforts de l'invention pour conſumer la vie: l'homme ne crée qu'aux dépens de la force qui le fait exiſter; c'étoit trop d'y ajouter le chagrin qui mine ſourdement cette exiſtence. Il avoit ſubi à Prague pendant onze années les horreurs de la diſette, il étoit encore dans le beſoin, il ſollicitoit encore à Ratisbonne ce qui lui étoit dû, lorſqu'il y mourut le 15 Novembre 1631, âgé de cinquante-neuf ans (a). Il n'a laiſſé à ſa femme & à ſes enfans, que ſon ſouvenir avec la gloire de ſon nom; mais ſa gloire, qui n'avoit pu le faire vivre, fut inutile à ſa veuve & à ſes orphelins; leur pauvreté eſt marquée par une anecdote ſinguliere. Képler, avant de mourir, avoit compoſé un ouvrage intitulé *Songe de Képler;* il ſe ſuppoſoit tranſporté ſur le globe de la lune, il y détailloit les apparences de l'univers, la longueur des années & des jours ſi différens ſur ce globe de ce qu'ils ſont ſur le nôtre. La mort de Képler interrompit l'impreſſion de cet ouvrage: ſon gendre (b) en prit ſoin, il fut de même arrêté par la mort. Dans un ſiecle où régnoient encore la ſuperſtition & l'aſtrologie, Louis Képler ſon fils, frappé de ces deſtinées, laiſſa long-tems cette impreſſion fatale, il craignoit d'y perdre la vie; rien ne put le déterminer que les larmes de ſa belle-mere & le ſpectacle de la miſere de ſes enfans. Voilà donc le ſort des grands hommes, la gloire & la pauvreté! Leur gloire n'intéreſſe qu'eux, l'utilité; ſouvent très-grande de leurs inventions eſt éloignée; on ne paye bien que les ſervices préſens. Pour avoir le courage de reculer les bornes des ſciences, il faut s'iſoler de tout intérêt, & vivre dans l'avenir, qui rend toujours juſtice. Mais quand à du génie on joint une ame ſenſible, on s'afflige pour les ſiens, pour des êtres chéris, qui

(a) Weidler, p. 415.

(b) Jacques Bartſch.

n'ont pas le même attrait & la même récompenſe, & à qui l'on n'a donné que la vie avec un nom reſpectable.

§. XXXI.

Si l'injuſtice afflige un mérite ſupérieur, ou du moins ſi ce mérite languit ſans récompenſe proportionnée, c'eſt ſouvent la faute des contemporains. On n'aime point le génie vivant & préſent; ſa hauteur incommode & fatigue. L'ignorance orgueilleuſe lance le ridicule, l'envie éclairée travaille par des manœuvres ſourdes; & une claſſe plus nuiſible encore, eſt celle des gens médiocres, qui courant la même carriere, oſent juger ce qu'ils ne peuvent atteindre. Les diſpenſateurs des graces, plus conduits qu'on ne penſe par l'opinion, ſeroient guidés dans leur choix, ſi les contemporains étoient plus juſtes. Ces réflexions naiſſent du portrait que Riccioli a oſé tracer de Képler; c'étoit, dit-il, un homme porté aux fictions hardies, un homme qui, impatient de connoître les cauſes, perſuadé que la poſtérité ne pourroit le convaincre de ſes altérations, n'a pas craint de faire violence aux obſervations de Tycho, pour expliquer les myſteres non du ciel, mais de ſon génie (*a*). Voilà comment fut traité par un aſtronôme inſtruit le vrai fondateur de l'aſtronomie moderne, le premier auteur de notre ſupériorité ſur les anciens. Képler ſans doute a eu bien des idées qui paroîtront ridicules, aujourd'hui que nous ſuivons une philoſophie plus ſage: nous les avons rapportées avec fidélité, pour peindre le ſiecle & l'homme; mais ſes erreurs ont été grandes, elles ont toujours été au-deſſus de ſon ſiecle, & elles caractériſent encore un homme ſupérieur. Et combien de vues ſaines & vraies ſont ſorties de ſes méditations

(*a*) Riccioli, Almag. Tom. I, p. 277.

physiques! La tendance réciproque de la terre & de la lune, la rotation du soleil annoncée, une force placée dans cet astre pour retenir, pour faire circuler les planetes, une force qui diminue comme la distance augmente; la lune conduite, ou troublée par l'action du soleil jointe à celle de la terre; ces vérités apperçues, quoique mêlées d'erreurs, quoique désignées plutôt que démontrées, suffiroient pour l'immortaliser: ce n'est là cependant que la moindre partie de sa gloire. Képler a été le législateur de la science, en posant les trois loix fondamentales du mouvement des planetes; il leur a tracé leur route dans une ellipse, c'est la premiere loi; il a déterminé leurs inégalités par la seconde loi des aires proportionnelles au tems, & il a enchaîné tous ces mouvemens par la troisieme, par le rapport des révolutions avec les diametres des orbites. Riccioli, en louant cette derniere loi (a), n'en a pas mieux apprécié l'homme. Mais en attendant la postérité qui apporte une justice tardive, comment les princes pouvoient-ils connoître le prix de Képler, si beaucoup d'astronômes l'apprécioient ainsi? Riccioli n'étoit pas un juge compétent, & cet exemple doit au moins servir de leçon aux esprits d'un ordre subalterne, pour ne pas juger les grands hommes.

§. XXXII.

Nous revenons à un autre grand homme, affligé non de la pauvreté, mais de la persécution, c'étoit Galilée. Il avoit embrassé le systême de Copernic; ce systême né en Allemagne, y avoit eu ses premiers partisans. Mœstlin, jeune & voyageant en Italie, y fit un discours public où il soutint le

(a) Riccioli, Almag. Tom. I, p. 707.

mouvement

mouvement de la terre; il convainquit Galilée (*a*), & il acquit à Copernic le plus zélé de ses défenseurs & le martyr de sa cause. Galilée avoit assez de philosophie pour sentir toute la vraisemblance de ce système; mais quand il découvrit les Lunes dont Jupiter est environné, & que Jupiter entraîne avec soi dans sa marche, il conçut que la Terre pouvoit également marcher dans l'espace, accompagnée de son satellite. Quand il vit, sur-tout à l'aide du télescope, les phases de Vénus annoncées par le génie de Copernic, il conçut que ce système étoit une vérité qu'il falloit enseigner & défendre. Il fut dénoncé à l'Inquisition, & le cardinal Bellarmin lui fit promettre de ne plus soutenir ce système ni de vive voix, ni par écrit (*b*). Mais l'amour de la vérité est une passion aussi impérieuse que les autres, une passion durable comme son objet; l'homme qui a saisi la vérité pendant sa vie, la place & s'appuie sur elle au bord de son tombeau. Galilée avoit promis plus qu'il ne pouvoit tenir : devons-nous promettre ce qui est au-dessus de nos efforts? Tenterons nous de réprimer les vents & les tempêtes, de faire remonter les torrens vers leur source? Le cours des opinions ne remonte pas non plus vers la sienne, il faut qu'il s'accomplisse; & le pouvoir de l'homme ne peut arrêter la vérité lorsqu'elle descend sur la terre. Galilée ne put résister à l'évidence des mouvemens de la terre; cette vérité étoit écrite de toutes parts au ciel, dans le mouvement égal & simultané de tous les astres de l'orient vers le couchant, dans l'apparence du cours des planetes que la terre trouble & dérange par le sien; dans le système de Jupiter, dans les phases de Vénus; enfin dans tous les phénomènes qui revelent l'ordre & l'arrangement du monde. Il ne put forcer sa bouche à enseigner une

(*a*) Weidler, p. 396.

(*b*) Ric. Alm. T. II, p. 498, T. I, p. XXXIV.

autre hypothèse ; il expliqua le système de Copernic dans le troisieme de ses dialogues ; il y montra si évidemment la simplicité de ce systême, les inconvéniens des suppositions fausses de Ptolémée & de Tycho, qu'il acheva la révolution commencée. L'influence de trois hommes, Copernic, Képler, Galilée, disposa les esprits & changea l'opinion : on commença à voir avec certitude le mouvement de la terre. Ce retour de Galilée vers une opinion condamnée parut un crime ; le succès de ses dialogues réveilla l'envie, l'envie le dénonça une seconde fois ; & à l'âge de soixante-dix ans, le vieillard, qui avoit vu le premier les chefs-d'œuvres de Dieu dans un univers nouveau, fut jeté dans les prisons. Sept cardinaux le jugerent, & l'accablerent de l'autorité de l'église. On décida souverainement sur les propositions fondamentales du systême, & le 22 Juin 1633 on prononça l'arrêt suivant, qui portoit contre la vérité plus encore que contre Galilée : *Soutenir que le soleil immobile & sans mouvement local, occupe le centre du monde, est une proposition absurde, fausse en philosophie, & hérétique, puisqu'elle est contraire au témoignage de l'écriture. Il est également absurde & faux en philosophie de dire que la terre n'est point immobile au centre du monde ; & cette proposition considérée théologiquement, est au moins erronée dans la foi.* On osa dicter à Galilée une formule d'abjuration, un mensonge qu'on le força de signer : *Moi Galilée, à la soixante-dixieme année de mon âge, constitué personnellement en justice, étant à genoux, & ayant devant les yeux les saints évangiles, que je touche de mes propres mains, d'un cœur & d'une foi sinceres, j'abjure, je maudis & je déteste les absurdités, erreurs, hérésies,* &c. (*a*). C'est un singulier spectacle que celui d'un vieillard couvert de

(*a*) Le decret & la formule d'abjuration se trouvent en entier dans l'Alm. de Riccioli, T. II, p. 496, & en extrait dans le Dict. hist. de l'abbé l'Avocat, art. Galilée.

cheveux blanchis par l'étude, par ses veilles, par ses bienfaits envers les hommes, à genoux devant le livre le plus respectable, abjurant la vérité aux yeux de l'Italie qu'il avoit éclairée, malgré le témoignage de sa propre conscience, & contre la nature entiere qui manifeste cette vérité.

§. XXXIII.

L'Italie peut se consoler de ce décret honteux pour elle, en pensant qu'elle a produit Galilée. Cette gloire, qui est pour les siecles, ne peut être effacée par l'erreur d'un moment; mais le zele de la religion ne fut que le manteau de cette persécution. On vouloit venger Aristote & l'ancienne philosophie détruite par les loix simples du mouvement, par l'ordre aussi simple de l'univers. Le mérite a toujours des ennemis puissans; on n'a point impunément une grande célébrité, & la multitude va frapper de sa masse l'homme qui l'offusque par sa hauteur. La haîne, nous n'en devons pas douter, un nombre d'imputations calomnieuses & répétées, ont séduit les juges de Galilée. Au reste l'histoire doit tout dire, pour être toujours juste; nous ne devons pas juger cette faute avec les lumieres de notre siecle. Le systême de Copernic n'avoit alors de partisans qu'en Allemagne; ils étoient en petit nombre. A peine trente ans s'étoient écoulés depuis que Tycho étoit mort; Tycho le premier, le plus grand des astronômes d'Europe; Tycho, qui regardoit ce systême comme absurde, & qui avoit cru nécessaire d'en proposer un autre. Képler le défendit d'abord presque seul, ensuite aidé de Galilée; mais la foule des astronômes étoit contraire. Les juges compterent les suffrages & ne les peserent pas. La lettre des passages de l'écriture semble opposée à ce systême; avant que l'église se déterminât à les prendre dans le sens figuré, il falloit que les savans fussent

d'accord, & que la vérité fût universellement reconnue (a). Le tort fut de prononcer sur ce qu'on ne pouvoit entendre. On devoit laisser débattre cette opinion par les astronômes ; opinion, qui, si elle eût été fausse, seroit à la fin tombée dans l'oubli, & qui, si elle étoit vraie, ne pouvoit être réellement contraire à l'écriture (b). Les juges, peu instruits des sciences humaines, n'étoient pas à cet égard au niveau de Galilée, ils ne savoient pas lire comme lui dans les phénomènes. La nature est un livre où Dieu tous les jours se manifeste : rien de ce qu'il a produit ne peut se contredire ; les faits de la religion & de la nature, également vrais, se tiennent nécessairement par une chaîne. Dieu se l'est entiérement réservée, ou la dévoilera quelque jour. En attendant respectons la vérité partout où elle se trouve, elle est toujours son ouvrage.

§. XXXIV.

Galilée condamné à une captivité dont la durée étoit à la volonté des Inquisiteurs, fut cependant renvoyé dans la Toscane sa patrie, où il eut, dit-on, pour prison la petite ville d'Arcetri avec son territoire. Là il se consola par l'astronomie, par l'étude du ciel, qui dévoile des vérités & qui ne condamne que les coupables ; & la nature, comme si elle eût voulu le dédommager de ce qu'il avoit souffert pour elle, honora ses dernieres années par une grande découverte. En considérant le disque lunaire, il avoit mille fois vu ce que les anciens avoient

(a) Lettre du Pere Fabri, Jésuite & pénitencier de la Cour de Rome, citée dans la lettre d'Auzout à l'abbé Charles, page 17.

(b) On a supprimé dans la derniere édition de l'*Index*, ou des livres défendus à Rome, ceux où l'on soutient le mouvement de la terre, Astr. art. 1103. M. de la Lande étant à Rome, sollicita pour qu'on en retranchât aussi nommément les ouvrages de Galilée, ce qui n'a pas encore été fait, à cause du decret lancé contre lui.

remarqué. La lune nous présente toujours la même face, les mêmes taches; & soit qu'elle soit visible par la lumiere cendrée dans le croissant & dans le voisinage du soleil, soit qu'elle atteigne la quadrature ou son disque plein, les taches sont toujours vues à la même place; l'obscurité les cache, la lumiere les montre, mais rien ne change sur ce disque immuable. La vue de la terre n'est accordée qu'à un seul hémisphere de la lune, l'autre ne nous voit jamais, il est pour nous comme s'il n'existoit pas. Nous ne pouvons pas dire encore la cause de ce singulier phénomène, mais nous dirons comment Galilée payoit son tribut à la foiblesse humaine, à l'ignorance & aux préjugés du tems, en attribuant cette constance à un rapport naturel, à une sympathie de la lune avec la terre; les causes occultes expliquoient alors bien des phénomènes. La tendance, disons le mot, l'attraction de certains corps se manifestoit souvent à l'homme étonné; & comme son imagination anime tout, voit partout ses affections, cette tendance devenoit un sentiment, une préférence. L'amitié, l'amour qui lient & consolent les êtres sensibles, le penchant qui porte l'homme vers l'homme, & conserve l'espece humaine, rapprochoit, conservoit également les parties dont l'union constitue l'univers. Galilée, attentif à ce phénomène de la face constante de la lune, apperçut que quelques taches placées près du bord du disque, avoient disparu comme si elles avoient passé dans l'autre hémisphere; il les vit ensuite reparoître; comme si elles étoient ramenées par un balancement du globe de la lune. En étudiant ces apparences nouvelles, il leur assigna deux causes qui n'expliquent pas tout, mais qui toutes deux sont vraies. Son principe est que la lune présenteroit toujours la même face, sans le moindre changement, à un œil qui seroit placé au centre du globe: mais nous ne la voyons que

de la surface ; le volume, la grandeur de la terre sont une premiere cause de ces apparences. Lorsque la lune se leve à l'horizon, elle est abaissée par la parallaxe, l'œil placé plus haut que le centre de la terre, apperçoit vers le sommet de la lune des parties de son globe, & des taches qui disparoissent lorsque la planete s'éleve vers le zenith, où elle manque de parallaxe, où on la voit telle qu'on la verroit du centre de la terre. En même tems, comme la vue ne peut embrasser que la moitié d'un globe, comme on avoit perdu vers le bas ce qu'on avoit gagné de plus vers le haut, les taches inférieures, qui s'étoient cachées, se remontrent à mesure que la lune s'éloigne de l'horizon, & que les nouvelles taches supérieures disparoissent. Une seconde cause produit les mêmes effets. Nous marchons dans l'écliptique tandis que la lune s'éleve & s'abaisse à l'égard de ce plan, dans sa route inclinée de cinq degrés. Cette petite quantité suffit pour opérer un nouveau balancement apparent dans le globe de la lune. Lorsqu'elle s'éleve au-dessus du plan que nous ne quittons jamais, la vue se prolonge tant soit peu sous le corps de la lune, & assez pour appercevoir quelques taches nouvelles. Lorsqu'au contraire la lune descend & s'abaisse au-dessous de ce plan, nous dominons sur elle, la vue s'étend vers le haut, & le sommet paroît s'incliner pour nous montrer à son tour de nouvelles taches (a).

§. XXXV.

Ces phénomènes réels, ces causes aussi vraies que les phénomènes, sont la derniere conquête que Galilée fit dans le

(a) Galilée, *Dialogus de systemate mundi.*

' M. de la Lande, *Astronomie*, article 3176.

ciel. Il étoit occupé d'un objet plus grand, parce qu'il étoit plus directement utile. Les découvertes sont pour la curiosité, c'est leur application à nos besoins qui est un bienfait. Ce n'étoit pas assez d'avoir apperçu les quatre Lunes dont Jupiter est environné, il falloit suivre leurs mouvemens, leurs passages d'un côté à l'autre du disque de la planete, observer leurs rencontres mutuelles, leurs configurations variées, & se mettre en état de les prédire. Galilée avoit tout à faire, il avoit besoin de tems pour apprendre à voir & à juger, pour débrouiller les phénomènes d'un spectacle entierement nouveau : il n'acheva point l'ouvrage, mais il le commença; il ne se pressa point de publier aucune théorie, comme Simon Marius, mais il en vit l'utilité.

Nous avons dit qu'au même instant on compte des heures différentes sur chaque méridien de la terre. Ces heures ne peuvent être manifestées, comparées entr'elles, pour en déduire la différence des méridiens & des longitudes, qu'au moyen d'un signal donné dans le ciel, & observé à la fois sur toutes les parties de la terre qui peuvent le voir. Cette méthode est due à Hypparque, mais il ne connut d'autre signal que les éclipses de lune (*a*). Képler y ajouta celles du soleil, au prix de la longueur & de la fatigue des calculs (*b*). Galilée en considérant le spectacle changeant de la position des Satellites, ce tableau exposé sur tous les horizons où Jupiter est visible, y apperçut une multitude de signaux, qui pouvoient être employés pour la recherche des longitudes; il annonça que la découverte qu'il avoit été chercher si loin, nous donneroit un jour la connoissance exacte du globe que nous parcourions sans le connoître. Ce ne sont pas les villes, les provinces dont nous

(*a*) *Suprà*, Tom. I, p. 115.

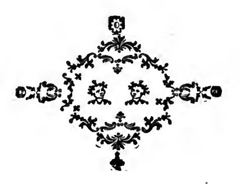
(*b*) *Suprà*, p. 27.

avons un besoin pressant de fixer la position & l'étendue ; ces connoissances quoiqu'importantes, peuvent être attendues ; la terre reste, assez d'hommes y passeront, & le tems suffit à tout. Mais la cupidité qui étend le commerce, l'ambition qui veut ajouter des royaumes à des royaumes, nous ont livrés à de nouveaux dangers, lorsque la découverte de la boussole permit à nos vaisseaux de quitter la vue consolante des côtes habitées, & de se hasarder dans les déserts de l'Océan ; l'aiguille aimantée nous dirige, elle nous montre la route que nous devons suivre ; mais elle ne nous apprend point ni la distance des côtes que nous avons abandonnées, ni celles des bords où tendent nos espérances. L'homme, dans une frêle machine, avec ses biens, avec sa vie qui est le premier de tous, est suspendu sur un abîme ; il ne voit qu'un horizon non interrompu, une plaine unie & monotone, il s'est condamné lui-même à l'exil, il ne sait où il est. La connoissance du lieu qu'il habite, la longitude qu'il peut ignorer tranquillement dans ses foyers, est ici de la premiere nécessité : il faut ou ne pas marcher la nuit, & c'est doubler le tems de son voyage, reculer le terme de ses desirs ; ou suivre le cours des vents dans l'obscurité, au risque de heurter la terre & de se briser sur les écueils dont elle est défendue. Il faut donc que l'industrie s'assure de la distance de ces terres si redoutables & si desirées. Alors, comme dans tant d'autres circonstances, l'homme ayant tout perdu, n'a plus que le ciel pour ressource ; il voit les astres qu'il voyoit dans sa patrie, ce sont les seuls amis qui lui restent. Ces astres sont fixes, il connoît leurs places, il en prend la hauteur sur l'horizon de la mer ; & cette hauteur lui fait voir à quelle distance il est de l'équateur. Mais tant de lieux sont à cette même distance, que sans s'écarter ni s'approcher de ce grand cercle, il pourroit faire le tour entier du globe

globe, & y décrire un petit cercle parallèle à l'équateur. Il faut donc connoître encore la distance du lieu d'où l'on est parti, la différence de longitude, & déterminer le méridien qui coupe le parallèle dans le lieu occupé par le vaisseau (*a*). On ne pouvoit y parvenir alors que par les phénomènes, par les signaux célestes. Ces signaux se réduisoient aux éclipses de soleil & de lune; ces éclipses sont trop rares, un besoin du moment ne peut pas les attendre. Galilée vit que les phénomènes des satellites de Jupiter, prévus & calculés pour un lieu connu, & à des heures convenues, pourroient donner la longitude par la comparaison de l'heure où ils seroient observés sur la mer. Nous ignorons quels étoient les phénomènes dont Galilée proposoit de se servir; mais il falloit toujours une connoissance entiere & précise du mouvement de ces astres. Ici le génie ne pouvoit être secondé que par un long travail, par une observation constante; Galilée offrit de s'y dévouer. Les Hollandois, à qui rien n'échappe de ce qui est utile au commerce, accepterent ses offres, ils lui députerent Hortensius & Blaeu, ils lui destinerent une chaîne d'or, parce que les services rendus à l'humanité, & sur-tout le génie ne se payent dignement que par l'honneur. Cette méthode n'a cependant point encore accordé à la navigation les secours qu'elle demandoit. D'ailleurs elle devoit recevoir sa perfection & sa véritable utilité des mains de Dominique Cassini; mais Galilée la lui avoit indiquée, & il en est le premier auteur. Peu de tems après l'arrivée des députés, Galilée perdit subitement la vue; le ciel se ferma pour lui, comme si la nature avoit dit, tu as assez vu. Il communiqua ses observations & ses idées à son disciple Reinieri; il put voir encore par son organe, mais

(*a*) *Suprà*, Tom. I, p. 113.

depuis qu'il ne voyoit plus lui-même, la vie sembloit lui devenir inutile. L'âge avançoit, & le traînoit honorablement vers la tombe, qui s'ouvrit en 1642 ; heureux encore dans sa prison, ou plutôt dans son exil, d'avoir posé la loi fondamentale du mouvement accéléré, satisfait d'avoir vu des merveilles que nul mortel n'avoit vues avant lui, certain sur-tout de n'avoir point offensé l'Être suprême, en démontrant une de ses vérités, il mourut tranquille avec toute sa gloire, plus difficile à ravir que la liberté.





HISTOIRE
DE
L'ASTRONOMIE MODERNE.

LIVRE TROISIEME.

Des Astronômes contemporains de Képler & de Galilée, & de ceux qui les ont suivis.

§. PREMIER.

Nous avons montré deux hommes, qui ont été des réformateurs, & qui, en créant des vues de la nature, ont ouvert une vaste carriere. Une foule de contemporains & de successeurs ont marché sur leurs pas, mais le nombre des idées acquises n'est pas proportionné au nombre des hommes. Dans l'histoire des sciences, une seule tête occupe une grande place, plusieurs sont serrées dans un petit espace, & l'espace paroît encore vide. Il est des circonstances où c'est beaucoup de ne pas rétrograder; lorsque la lumiere est encore incertaine

& vacillante, le génie peut seul appercevoir & combattre les erreurs. En son absence, c'est donc beaucoup si les anciennes erreurs n'ont pas été rappelées, s'il ne s'en est pas élevé de nouvelles : enfin si l'esprit humain n'a rien perdu dans l'intervalle depuis Képler & Galilée jusqu'à Descartes, où la France commence à influer sur les sciences, & jusqu'au tems de l'établissement des sociétés savantes, qui sont les jours de gloire de la nouvelle astronomie.

§. II.

Si nous jetons un coup d'œil sur le Dannemarck, nous y verrons les regrets du départ de Tycho, & des injustices qu'il avoit souffertes. Christiern IV, le même Roi qui l'avoit laissé s'expatrier, sentit la perte des sciences exilées avec ce grand homme. On donna une chaire de mathématiques à Longomontanus, & on éleva à Coppenhague même un temple, c'est-à-dire, un observatoire à l'astronomie. On y retraça une foible image d'Uranibourg, dont les vestiges mêmes étoient effacés, & c'est aux sollicitations de Longomontanus que fut dû ce nouvel établissement (*a*).

Longomontanus sortit d'un village de Jutland en Dannemarck ; son pere étoit laboureur, & il passa sa jeunesse entre l'étude, qui étoit la passion de son ame, & la culture de la terre, qui le faisoit vivre. Tycho le reçut parmi ses disciples en 1589, il le garda près de lui, & l'emmena même à Prague, où l'Empereur le lui donna avec Képler pour l'aider dans ses observations. Mais l'amour de la patrie parla au cœur de Longomontanus, & il abandonna son maître pour elle. Il ramena dans le Dannemarck le goût de l'astronomie. On s'occupa de

(*a*) M. Picard, Voyage d'Uranibourg; Mém. Acad. Scien.

conſtruire un obſervatoire à Coppenhague ; les fondemens en furent jetés le 7 Juillet 1632 ; il ne fut totalement achevé qu'en 1656, & il a été détruit par l'incendie de 1728. La tour avoit cent onze pieds de haut & quarante-ſept de diametre : elle étoit meublée des inſtrumens néceſſaires. M. Picard en 1671 y vit le fameux globe de quatre pieds & demi de diametre, où Tycho avoit deſſiné les conſtellations. Ce globe avoit été tranſporté en Bohême, & fut rapporté précieuſement en Dannemarck, comme un reſte d'un grand homme dont les travaux glorieux avoient été ſi mal récompenſés.

§. III.

Longomontanus fut un obſervateur pour le tems, il ſortoit de l'école de Tycho ; du reſte fidelle aux premieres impreſſions, il conſerva les opinions de ſon maître; il avoit ſans doute une grande partie de ſes obſervations, il en profita pour compoſer un grand ouvrage intitulé *l'Aſtronomie danoiſe*, où l'aſtronomie étoit en effet réformée ſur les obſervations de Tycho. Mais Longomontanus y conſerve toute la vieille forme de l'aſtronomie ; ce ſont les épicycles, le mouvement du centre de l'excentrique établi par Ptolémée, la libration du centre de l'épicycle le long de ſon diametre, imaginée par Tycho. Il n'inventa rien après lui, & il n'étoit pas au niveau de Képler qui élevoit ſon ſiecle (*a*). Il donne à la fois les formes du calcul dans les trois ſyſtêmes, de Ptolémée, de Copernic & de Tycho ; ce qui ſignifie qu'il n'avoit pas aſſez de lumieres pour faire un choix. Il n'oſoit produire ſeul l'opinion de Tycho, il n'oſoit cependant lui en préférer une autre. Il corrige la

(*a*) *Aſtron. Danic.* Riccioli Almag. T. I, p. 263, 519.

théorie des planetes de Ptolémée, en ajoutant différens épicycles, comme Copernic avoit fait pour la lune (*a*). Ainsi les planetes roulent autour de la terre, & toutes les bizarreries de leurs apparences sont expliquées par ces épicycles. Il propose ensuite l'hypothèse de Copernic, & il finit par celle de Tycho, qui ne differe de son Ptolémée corrigé qu'en ce que les mouvemens des planetes s'exécutent autour du soleil, tandis qu'il se meut autour de la terre (*b*).

Tycho avoit toujours désiré qu'on achevât ce que la mort l'avoit empêché de terminer, c'étoit l'explication du mouvement des planetes dans son hypothèse. En mourant, quoiqu'il connût les idées différentes de Képler, il l'avoit chargé de ce soin (*c*). Képler fonda les Tables Rudolphines sur le systême de Copernic & sur la vérité. Longomontanus a rempli le vœu de son maître, mais Képler l'avoit mieux servi; il regardoit un grand observateur tel que Tycho, comme un bienfait du ciel, ses observations comme un trésor; il les employa pour fonder un édifice durable, & non pour étayer une hypothèse démentie par les phénomènes, & même par la raison (*d*).

§. IV.

Képler & Galilée avoient été les seuls physiciens de leur siecle; Longomontanus ne l'étoit pas. Il se trompoit encore, en croyant que l'image du soleil étoit amplifiée par les rayons réfractés dans notre atmosphere. Longomontanus croyoit même que par cette cause il n'y avoit point d'éclipses totales pour les climats septentrionaux; l'image du soleil étoit trop aggrandie

(*a*) *Suprà*, Tom. I, p. 360 & 701.
(*b*) *Astron. Danic.* Riccioli Almag. T. I, p. 519, 574.
(*c*) Képler, *in stellam Martis*, Cap. VI, pag. 28.
(*d*) *Suprà*, Liv. I.

par des réfractions qu'on croyoit plus fortes, pour que la lune pût la couvrir. C'étoit aussi par cette cause que, suivant la remarque de Tycho, la lune dans son plein avoit un diametre plus grand que lorsqu'elle est vue sur le soleil qu'elle éclipse. Toutes ces explications étoient fausses, Riccioli les réfute très-bien (*a*), mais Ptolémée les avoit réfutées quinze cens ans auparavant, en montrant que le diametre est raccourci & non augmenté par la réfraction (*b*). Le phénomène, qui forçoit de recourir à ces suppositions, étoit l'irradiation ou l'éparpillement de la lumiere. Képler avoit pensé juste, en établissant que les objets lumineux sont vus plus grands qu'ils ne sont sur un fond obscur, les objets sombres plus petits sur un fond clair. il pensoit encore juste en soupçonnant que l'image du soleil pouvoit être amplifiée par la réfraction des rayons dans l'atmosphere lunaire (*c*) Louons cependant Longomontanus d'avoir supposé avec Képler, avec Tycho son maître, que les cometes sont plus éloignées de nous que la lune. Riccioli qui le réfute si bien ailleurs, le combat encore ici, mais en retombant dans l'erreur ancienne (*d*). Louons sur-tout Longomontanus d'avoir eu le courage d'abandonner Tycho sur l'absurdité de faire tourner tous les jours en vingt-quatre heures le soleil, accompagné de toutes les planetes, autour de notre petit globe. Cette désertion d'un disciple de Tycho sur un point capital du systême, présageoit la chûte de tout le reste (*e*). Cet astronôme mourut en 1647.

§. V.

CEPENDANT en Allemagne on s'occupoit de conserver &

(*a*) Ricc. Alm. T. I, p. 229, 323, 386.
(*b*) *Suprà*, T. I, p. 203.
(*c*) *Suprà*, Liv. I, p. 27.
(*d*) Riccioli Almag. T. II, p. 99.
(*e*) *Astron Danic.* p. 161, 220.
M. de la Lande, *Astr.* art. 479, 480, 481.

de publier les obſervations de Tycho. Les manuſcrits avoient été livrés à Képler, qui s'en ſervit pour fonder les Tables Rudolphines. Lorſque ce travail fut fini, Albert Curtius *(a)*, Bavarois, lui demanda ces manuſcrits pour les publier. Képler voulut les garder comme un gage de ce qui lui étoit dû. Après ſa mort, ſon fils Louis Képler envoya les originaux en Dannemarck; Curtius n'eut qu'une copie mal collationnée, où il s'eſt gliſſé, dit-on, beaucoup de fautes. Mais telle qu'elle eſt, en la faiſant imprimer en 1666, il a rendu un ſervice à l'aſtronomie; il n'y manque que les obſervations faites juſqu'en 1582, celles de 1593, & celles des cometes *(b)*. Albert Curtius travailla ſur la théorie de la lune; il en explique la premiere inégalité comme Képler. Il eſt peut-être le premier qui ait rendu hommage à la loi de la proportionnalité des aires & des tems; mais il voulut trouver un centre d'uniformité, & il le plaça dans le ſecond foyer de l'ellipſe, tandis que la terre occupe l'autre *(c)*.

§. VI.

LE P. Scheiner, Jéſuite *(d)*, que nous avons aſſocié à Galilée pour la découverte des taches du ſoleil, s'eſt rendu recommandable par une obſervation aſſidue de ces taches; il en a fait plus de deux mille qu'il a publiées dans un ouvrage intitulé *Roſa Urſina*, du nom d'un duc des Urſins à qui il étoit dédié. La couleur de ces taches eſt d'un noir ſouvent foncé; quelquefois quand elles ſont moins ſombres, elles ont une teinte bleue; elles ont ſouvent une eſpece d'atmoſphere, qui eſt un

(a) Né en 1600, mort en 1671.

(b) M. de la Lande, *Aſtr.* art. 479, 480, 481.
Weidler, p. 456.

(c) Képler, *Tab. Rudol.* C. XXV, p. 79.

(d) Il étoit de Souabe, né en 1575, & il eſt mort en 1650. Il fut Jéſuite en 1595, & profeſſa les mathématiques à Ingolſtat.

peu

peu lumineuse; leur figure est irréguliere, variable dans l'étendue de leur trajet sur le soleil. Tantôt on en voit quarante, cinquante à la fois, tantôt point du tout. On en a vu d'aussi grosses que la planete de Vénus; d'autres avec l'apparence d'un volume aussi considérable que celui de la Terre, qui passeroit sur le Soleil. Leur durée est très-inégale: quelquefois elles disparoissent avant de sortir du disque, ou elles y naissent subitement; d'autres fois elles accomplissent une, ou plusieurs révolutions entieres. Scheiner revint à la saine opinion de Galilée, que ces apparences ne sont point des astres, mais des taches adhérentes au soleil, ou du moins très-près de sa superficie. On assigna même le tems de sa rotation d'environ vingt-sept à vingt-huit jours. Pendant que Scheiner employoit ses soins & ses observations pour établir cette vérité, Maupertuis, Flamand, persistoit à regarder ces taches comme des planetes qu'il appeloit *Sydera Austriaca*, du nom de la Maison d'autriche, & Tarde, chanoine de Sarlat, faisoit le même honneur à la Maison de Bourbon, en les nommant *Borbonica Sydera* (a).

Le Pere Scheiner est le premier qui ait fait attention à la forme elliptique (b) que le soleil prend en approchant de l'horizon, ou du moins le premier qui en ait donné l'explication. Cet astre, lorsqu'il est près de se coucher, ou au moment qu'il vient de se lever, offre une image plus étendue en largeur qu'en hauteur; il a presque la forme d'un œuf placé horizontalement. Le P. Scheiner ne pensa point que le soleil fût élargi dans ce sens, il y reconnut l'effet de la réfraction, qui en élevant davantage le bord inférieur, le rapproche du bord supérieur, & diminue la hauteur du disque solaire. Ce phénomène

(a) Weidler, p. 458 & 623. Riccioli, Almag. Tom. I, pag. 94.

(b) Scheiner, *Sol ellipticus*.

dévoila l'effet de la réfraction que Ptolémée avoit prévu & annoncé. Scheiner observa le diametre du Soleil & de Vénus, mais il s'y trompa beaucoup, parce qu'il en mesura les images reçues sur un papier blanc, images toujours entourées de pénombre; & d'ailleurs il n'en retrancha pas le diametre de l'ouverture, qui donnoit entrée aux rayons de lumiere (a).

Galilée, le P. Scheiner après lui, avoient remarqué que les satellites de Jupiter disparoissoient & se remontroient deux fois dans leur cours & de deux manieres différentes. La premiere, lorsqu'étant au-delà de Jupiter, ils se cachoient derriere son disque, & lorsque placés entre Jupiter & nous, ils entroient & passoient sur le disque de cette planete : les télescopes n'étoient pas assez forts pour distinguer leur lumiere confondue avec celle de la planete; ils disparoissoient en entrant, & se remontroient en sortant. Il est clair que les satellites, au milieu de ce trajet, se trouvoient dans la ligne menée du centre de la Terre à Jupiter. La seconde a lieu lorsque les satellites arrivent à l'ombre que cette grosse planete projette derriere elle. Ils perdent la lumiere du Soleil; ils disparoissent en entrant dans cette ombre, comme la Lune dans l'ombre de la Terre, & se remontrent lorsqu'ils en sortent. Au milieu de ce trajet, ils sont dans la ligne menée du centre du Soleil à Jupiter : l'angle de ces deux lignes est la parallaxe de l'orbe annuel; on sait que cette parallaxe dépend de la distance de Jupiter au Soleil (b). Le P. Scheiner proposa de déterminer cette distance par le moyen du tems écoulé entre le passage d'un satellite derriere le disque & son passage dans l'ombre; ce tems fait connoître l'inclinaison des deux lignes, & par conséquent la parallaxe. Mais les mouvemens de ces satellites n'étoient pas assez bien

(a) Ricc. Alm. T. I, p. 119 & 714.

(b) *Suprà*, Tom. I, p. 359.

connus pour en tirer cet avantage ; on avoit au contraire grand beſoin de ſuppoſer cette parallaxe pour débrouiller leur théorie.

§. VII.

Le P. Antoine-Marie de Rheita ſe diſtingua par des opinions particulieres, & ne conſerva pas toujours la ſaine doctrine établie par les maîtres qui l'avoient précédé ; il ſe trompa lourdement ſur la diſtance du ſoleil & des étoiles à la terre (*a*). On voit cependant qu'il avoit la prétention d'ajouter aux explications des phénomènes. Il s'occupa des apparences de Saturne. les deux petits diſques, placés aux deux côtés du plus grand, lui parurent deux ſatellites, qui faiſoient leurs révolutions très-près de Saturne ; c'eſt pourquoi cette planete en eſt ſouvent accompagnée, & quelquefois auſſi ſe montre ſeule, lorſque les ſatellites ſont cachés derriere ſon diſque. Il dit qu'éloignée du Soleil, elle a beſoin d'un ſurcroît de chaleur & de lumiere ; c'eſt à quoi ſont deſtinés les ſatellites. Il voyoit d'ici que les habitans de cette planete avoient un jour brillant & preſque perpétuel. Les viciſſitudes des ſaiſons n'y dépendent point du Soleil, mais de ces ſatellites, & ſelon qu'ils préſentent à Saturne leurs faces plus ou moins éclairées, & plus ou moins propres à donner de la chaleur (*b*).

Il vit encore des planetes dans les taches du ſoleil ; leur mouvement lui ſembla un mouvement de révolution en vingt-ſept ou vingt-huit jours, qui ne dépendoit pas de cet aſtre. Ce n'eſt point qu'il niât la rotation du ſoleil, mais il la croyoit beaucoup plus longue, & auſſi longue que l'année même. Selon lui, nous ne voyons pas l'été & l'hiver la même face du

(*a*) Riccioli, Almag. Tom. I, p. 111 & 418.

(*b*) Rheita, *in radio ſyd. Miſſ.* L. IV, c. 14. Riccioli, Tome I, p. 724.

soleil ; l'été il nous en présente une plus lumineuse & plus chaude, c'est la cause de la chaleur *(a)*. Telle étoit la physique du tems, lorsqu'on étoit abandonné du génie. Il s'éleva cependant à l'idée que les planetes avoient un mouvement de rotation sur leur axe ; mais si cette conjecture a été confirmée, elle n'est point due à un esprit prophétique. Rheita parloit au hasard ; il ne faut point confondre les delires d'une imagination égarée, avec les apperçus d'un esprit supérieur, qui prévient les découvertes.

Rheita aimoit à multiplier les planetes ; il annonça avec confiance, en 1642 qu'il avoit découvert cinq nouveaux satellites de Jupiter. Fontana, le P. Zupi crurent voir aussi quelques-uns de ces satellites *(b)*. Mais Gassendi réfuta le P. de Rheita ; il fit voir, ainsi qu'Hévélius *(c)*, que ces astres étoient de petites étoiles que Jupiter avoit rencontrées dans son cours, & qui se trouvoient placées auprès de lui au moment de l'observation. En effet, depuis ce tems Jupiter ne nous a jamais montré que les quatre satellites découverts par Galilée. Il n'y eut pas jusqu'à Mars, à qui Rheita accorda libéralement des satellites *(d)*. Nous lui avons cependant une obligation, c'est de s'être appliqué à l'optique, & de nous avoir rendu le télescope à deux verres convexes, inventé par Képler, & qui étoit presque oublié. M. de Montucla remarque avec raison que le P. Scheiner est le premier, qui ait connu les avantages du télescope imaginé par Képler *(e)*, & qui en ait fait mention. Mais nous pensons que les travaux du P. de Rheita sur l'optique, sur la maniere de tailler les verres & de les polir, ont contribué le plus à introduire l'usage de ce nouveau télescope. C'est ce

(a) Riccioli, Almag. Tom. I, p. 99.
(b) *Ibid.* p. 489.
(c) Hevelius, *Selenographia*, p. 49.
(d) Weidler, p. 484.
(e) Scheiner, *Rosa Urs.* p. 130 & suiv. Hist. des Math. T. II, p. 270.

qu'on peut conclure de l'opinion vulgaire qui en attribuoit l'invention à ce Pere. Il eſt réellement l'inventeur d'un autre téleſcope, celui qu'on appelle le *binocle*. Dans les lunettes ordinaires on ne ſe ſert que d'un œil, mais comme la nature nous en a donné deux, ſans doute pour mieux voir, pour avoir une ſenſation plus forte par deux impreſſions reçues, le P. de Rheita imagina d'aſſembler deux téleſcopes à côté l'un de l'autre, & de ſe ſervir de cet inſtrument pour regarder le même aſtre avec les deux yeux à la fois. L'objet alors paroît fort aggrandi & plus proche de nous. Ce n'eſt pas que ces deux téleſcopes égaux faſſent plus d'effets qu'un ſeul, il en réſulte ſeulement plus de clarté, & nous jugeons toujours les objets éclairés plus proches de nous. Cette augmentation de clarté ſeroit utile, ſi elle n'étoit pas plus que compenſée par l'incommodité de regarder & de ſuivre le même aſtre avec les deux yeux (*a*).

§. VIII.

JEAN BAYER d'Ausbourg, eut dans ce ſiecle une idée plus ſimple, mais plus utile, qui introduiſit un uſage univerſel dans l'aſtronomie. Il publia une Uranométrie, ou deſcription des conſtellations, accompagnée de cartes; il y marque les étoiles de chaque conſtellation par une lettre greque. La mémoire n'eſt point chargée d'une multitude de noms, & chaque étoile a cependant un caractere qui la diſtingue, & par lequel on peut la déſigner. Les Juifs jadis avoient employé cette idée pour éviter les figures d'animaux défendues par la loi (*b*), & s'étoient ſervis des lettres de leur alphabeth.

Bayer a deſſiné ſur ſes cartes les figures des anciennes conſ-

(*a*) Les Italiens revendiquent l'invention du binocle en faveur de Galilée.

(*b*) Riccius, *de motu octavæ ſphæræ*, p. 42.

tellations ; il leur a laiſſé les noms tirés des fables greques, ou plutôt des fables anciennes conſervées & célébrées par les Grecs. Ces noms ſont conſacrés par les tems ; l'imagination eſt tellement accoutumée à les joindre aux choſes qu'ils repréſentent, qu'il ne nous ſeroit plus poſſible de les ſéparer.

Jules Schiller, de la même ville que Bayer, eut l'idée pieuſe de rendre le ciel chrétien, en y tranſportant des figures & des noms tirés de l'écriture ſainte ; il place les douze apôtres dans les douze ſignes du zodiaque, l'ancien teſtament dans l'hémiſphere méridional, & le nouveau dans l'hémiſphere ſeptentrional (*a*). Mais ce projet, qui n'avoit aucune utilité réelle, ne changea rien aux dénominations reçues : il fut cependant encore renouvelé plus de trente ans après en 1662 par Philippe Cœſius, Hollandois, qui vouloit que le Bélier du zodiaque fût celui qu'Abraham immola pour ſon fils Iſaac ; le Taureau, celui qui fut ſacrifié par Adam ; les Gemeaux, les deux enfans de Rebecca, Jacob & Eſau (*b*) &c. Ce ſecond projet eut le même ſort que le premier.

§. IX.

En Angleterre, Robert Fludd, préoccupé comme Képler de la perfection des rapports de la muſique, mais avec moins de génie que lui, s'efforçoit d'y trouver les diſtances mutuelles des planetes ; il ajoutoit à ces rêveries le tort de ranger les cometes au nombre des météores, & de s'oppoſer au mouvement de la terre, que ſon compatriote Gilbert, cité par Képler, avoit déjà défendu. Ces ouvrages de Robert Fludd parurent vers 1617 ; mais à cette date, ou du moins, en 1619, les progrès de la lumiere dans la grande Bretagne ſont marqués par la

(*a*) Weidler, p. 458.

(*b*) *Ibid.* p. 506.

fondation de deux chaires de mathématiques dans l'Université d'Oxfort ; ce fut le bienfait de Henri Saville (a). L'une de ces chaires est destinée à la géométrie, l'autre à l'astronomie. Elles ont été remplies par des hommes célebres ; & sans parler des vivans, la géométrie & l'astronomie citent avec reconnoissance les noms de Henri Brigg, de Wallis, Bainbridge, Gréaves, Sethward, Christophe Wren, & le fameux Halley.

§. X.

On étoit alors fort attentif à chercher le moment d'appercevoir les petites planetes de Vénus & Mercure sur le disque du Soleil. On attendoit encore cette confirmation du système de Copernic & des anciens Egyptiens. Averroës avoit cru voir Mercure sur le Soleil (b) ; Képler crut aussi le voir à la vue simple, mais il reconnut depuis que ce ne pouvoit être qu'une tache. Dès qu'il eut achevé le travail des Tables Rudolphines, il s'empressa de calculer les momens de ces passages, & de les annoncer dans un écrit public, afin que les astronômes fussent attentifs à les observer. Il annonça un passage de Mercure pour le 7 Novembre 1631, & deux passages de Vénus, l'un pour la même année 1631, & le 6 Décembre, l'autre pour l'année 1761. Gassendi se prépara à observer Mercure sur le Soleil ; il auroit voulu le chercher les deux jours qui précédoient le jour annoncé, mais le tems fut couvert. Le 7 Novembre le Soleil parut dans les nuages. Gassendi y apperçut quelque chose de noir, mais cette apparence étoit trop petite pour qu'il pût croire que c'étoit Mercure ; on s'attendoit à le voir sous un volume plus considérable. Gassendi pensa heureusement qu'il seroit bon d'observer cette tache, & d'avoir sa

(a) Wood, *Hist. univ. Oxoniensis*, p. 324. (b) *Suprà*, Tom. I, p. 241.

position, pour qu'elle servît à déterminer le mouvement de Mercure; il y revint, la tache avoit changé de lieu plus sensiblement que les taches n'ont coutume de le faire. Il mesura sa distance au centre du soleil; il la mesura plusieurs fois, & elle augmentoit si rapidement, qu'il fut forcé, malgré ses doutes, de croire à Mercure qu'il voyoit sur le Soleil; mais alors la planete étoit près du bord, & sa sortie fut le seul phénomène qu'il pût observer avec soin & avec dessein. Gassendi eut une grande joie d'avoir fait cette premiere observation d'un phénomène inconnu à l'antiquité, & faisant allusion à la pierre philosophale, *j'ai vu*, dit-il, *ce que les sages*, c'est-à-dire, les alchimistes, *cherchent avec tant d'ardeur*, *j'ai vu Mercure dans le Soleil* (a). Cysatus & Quietanus virent ce passage à Inspruck & à Ruffac; mais l'observation de Gassendi est la seule dont on ait tiré des conséquences astronomiques (b). On ne parle point de Képler, qui y avoit un si grand intérêt; il étoit malade & près de la mort.

§. XI.

Le passage de Vénus, attendu le 6 Décembre, manqua. Gassendi y fut très-attentif; il suivit le Soleil les jours précédens & suivans: Vénus se déroba aux regards curieux qui la cherchoient. On croit aujourd'hui qu'elle a passé pendant la nuit, & lorsque le Soleil étoit dans l'autre hémisphere. Ces déterminations sont fondées sur des quantités trop délicates pour les meilleurs Tables de ce tems; il n'est pas étonnant qu'on manquât l'heure précise. Képler n'en eut pas le chagrin, il étoit mort quelques jours auparavant. Ce passage étoit donc encore desiré. Un jeune Anglois, nommé Horrox, est

(a) Gassendi, *Mercurius in sole visus.*

(b) M. de la Lande, *Astr.* art. 2006.

le

le premier homme qui ait joui de ce ſpectacle ; ce bonheur, qui a rendu ſon nom célebre, ne fut point l'effet du hasard, mais le fruit de ſes connoiſſances & de ſon aſſiduité à l'obſervation. Né en 1619 d'une famille peu avantagée de la fortune, il fit les études ordinaires, & ſe livra à l'aſtronomie dès l'année 1633 ; revenu dans une campagne que ſon pere avoit près de Liverpool, ville de la province de Lancaſtre, il s'y trouva deſtitué de livres, de maîtres & d'émules : il n'y fut guidé & ſoutenu que par l'amour de l'étude. Mais cet amour lui inſpira des efforts incroyables pour vaincre les difficultés & ſuppléer à ce qui lui manquoit. Le hasard lui procura en 1636 un compagnon de travail, c'étoit Crabtrée, devenu célebre par l'amitié d'Horrox. Cependant leurs habitations étoient ſéparées, ils ne pouvoient s'aider & ſe conſoler que par leurs lettres ; mais elles procuroient toujours un double examen des difficultés, & un commerce de lumieres. Horrox, ſans expérience, avoit perdu ſes premieres années ſur les Tables de Lansberg, que leur titre magnifique lui avoit fait préférer aux Tables de Képler & de Tycho. Crabtrée l'avertit de ſe défier de ces Tables ; cependant ce ſont ces mauvaiſes Tables mêmes qui ont procuré à Horrox l'avantage d'une obſervation nouvelle. Les Tables Rudolphines n'indiquoient point de paſſage de Vénus en 1639, parce qu'elles avoient une erreur qui éloignoit Vénus du Soleil. Les Tables de Lansberg avoient une erreur double, mais cette erreur, dans un ſens oppoſé, rapprochoit la planete & la plaçoit ſur le Soleil, où on vouloit la voir. Horrox avertit ſon ami Crabtrée du phénomène que les Tables de Lansberg annonçoient. Tous deux ſe préparerent à l'obſerver, & tous deux eurent le 4 Décembre 1639, chacun de leur côté, la ſatisfaction de voir Vénus ſur le Soleil pendant une demi-heure, avant le coucher de cet aſtre. Les deux amis

jouirent donc ſeuls dans le monde d'un ſpectacle que les hommes n'avoient jamais vu. Horrox, qui l'avoit prévu, étoit digne de ce bonheur; il en reſſentit une joie inexprimable. Il célebre les faveurs de Vénus, l'union de cette déeſſe avec le Soleil, par des vers, par une proſe ornée de toutes les figures que la fable put lui fournir, & ſur-tout animée du mouvement de ſon ame *(a)*.

§. XII.

L'AUTEUR, à qui Horrox avoit tant d'obligations, Philippe Lansberg, étoit un mathématicien Flamand, qui avoit publié en 1632 ces Tables dont il vantoit l'accord avec les obſervations; elles étoient remplies d'erreurs qu'Horrox & Holward ont fait connoître *(b)*. Il n'a de vraiment recommandable que d'avoir été le partiſan de Copernic, & d'avoir écrit pour démontrer le mouvement de la terre *(c)*. Mais Horrox eut non ſeulement un aſſez bon eſprit pour goûter cette opinion encore combattue; il fit plus, il étudia les nouvelle découvertes de Képler, & il eſt un des premiers qui ait rendu hommage à ces grandes vérités. Il adopta la route elliptique dès qu'il la connut; Newton *(d)* lui fait honneur d'avoir appliqué cette vraie forme des orbes planétaires à celui que la lune décrit autour de nous *(e)*. Les hommes de génie ſe font connoître, ou en produiſant des idées nouvelles, ou en ſaiſiſſant l'évidence de celles qui ont été produites, & qui ſont encore balancées par les eſprits incertains. Horrox contribua même

(a) V. ſa diſſertation, *Vénus in Sole viſa.*

(b) Weidler, p. 463.

(c) Lansberg étoit né à Gand en 1560, & eſt mort en 1632.

(d) *Principia mathem.* Lib. III, Prop. XXXV, ſchol.

(e) Il paroît cependant qu'Albert Curtius eſt le premier; Képler lui en rend témoignage dans les Tables Rudolphines, Chapitre XXV, Prec. 79, & ces Tables furent imprimées en 1627. Képler mourut en 1631.

aux progrès de la ſcience, en imaginant, ſinon une vérité, du moins une hypothèſe ingénieuſe, qui ſimplifia l'explication des mouvemens céleſtes. Les trois équations de la lune étoient embarraſſantes. Cette petite planete eſt plus irréguliere que les plus groſſes : c'eſt qu'elle eſt ſous nos yeux : les aſtres ſont comme les hommes ; quand on les voit de près, leurs fautes ſont mieux connues, & leurs défauts frappent davantage. Képlet avoit eu une idée heureuſe, en ſoupçonnant que les irrégularités de la lune naiſſoient de l'action du ſoleil ſur elle : mais cette idée iſolée étoit difficile à ſaiſir par ſa hauteur, elle devenoit hors d'uſage, parce qu'elle manquoit de fondemens ſolides ; elle n'indiquoit pas la loi que ces inégalités devoient ſuivre dans leur croiſſance. Képlet, il eſt vrai, avoit donné très-heureuſement la vraie meſure de la troiſieme équation, découverte par Tycho (a). La premiere étoit due à la forme elliptique & à l'excentricité de l'orbe de la lune ; mais la ſeconde équation que Ptolémée avoit reconnue, paroiſſoit dépendre auſſi de cette excentricité, puiſqu'elle ſembloit n'avoir d'autre effet que d'aggrandir la premiere dans les quadratures. Quoiqu'une partie de la premiere inégalité ſoit réelle, la plus grande partie naît de ce que la terre eſt éloignée du centre de l'ellipſe que décrit la lune. Horrox vit qu'Arzachel avoit rendu variable l'excentricité du ſoleil, & que Copernic avoit reſpecté & conſervé cette variation, détruite depuis par Képler ; il penſa que cette cauſe pouvoit expliquer la ſeconde équation de la lune, & il y vit un changement périodique de l'excentricité. Malgré le mouvement de la terre autour du ſoleil, l'orbe de la lune la ſuit, la terre eſt réellement immobile au foyer de cette orbe, l'excentricité ne peut donc augmenter,

(a) Il a dit qu'elle eſt proportionnelle au ſinus du double de la diſtance de la lune au ſoleil ; ce qui eſt vrai. *Epitom. Aſtron. Coper.* p. 812.

ſans que le centre de l'ellipſe ne s'éloigne. C'eſt ce qu'Horrox imagina; il ſuppoſe que ce centre décrit un petit cercle, & peut ſe trouver à l'égard de la terre dans une infinité de diſtances toutes compriſes entre une plus grande & une plus petite, & qui produiſent chacune une excentricité différente. La plus petite produit la premiere inégalité obſervée par Hypparque dans le tems des éclipſes (*a*); la plus grande donne cette premiere équation, augmentée de la ſeconde que Ptolémée reconnut particuliérement dans les quadratures (*b*). Horrox lia ces deux inégalités comme elles le ſont dans la nature, & cette hypothèſe ingénieuſe a mérité d'être conſervée dans les Tables que Halley publia même après les grandes découvertes de Newton.

Cet Horrox, célebre par ſon obſervation, étoit inconnu à ſes compatriotes. Riccioli, qui écrivit dix ans après ſa mort, ne parle pas de lui dans ſon grand ouvrage de l'Almageſte: ſon obſervation du paſſage de Vénus fut publiée par Hévélius; c'eſt à Flamſteed & à Wallis qu'on a dû l'avantage de connoître les autres écrits d'Horrox, plus de trente ans après ſa mort (*c*). Mais auſſi la nature ne lui donna pas le tems de ſe développer, ni de ſe montrer; il vécut dans le ſilence de l'étude & dans l'obſcurité de la retraite; il ſemble n'avoir paru ſur la terre que pour voir le paſſage de Vénus. Un homme, qui à l'âge de vingt-deux ans avoit déjà ſaiſi toutes les idées ſaines & vraies de l'aſtronomie phyſique, qui s'eſt diſtingué ſi jeune par une invention ingénieuſe, auroit fait un grand chemin dans la carriere du génie; la mort l'arrêta le 14 Janvier 1641. Son ami Crabtrée périt à peu près dans le même tems;

(*a*) *Suprà*, Tom. I, p. 96, 97.
(*b*) *Ibid.* p. 173.
(*c*) Tranſactions philoſoph. année 1675. N°. 116.

tous deux, victimes des querelles du pouvoir & de la liberté, & moissonnés dans leur fleur par les guerres civiles, qui sont le fléau des arts & des sciences, comme de l'humanité.

§. XIII.

Nous devons citer encore en Angleterre Wilkins (*a*), qui en 1660 défendit le systême de Copernic, Jean Newton, qui dressa des Tables fondées sur le mouvement de la terre. Les tems approchent, où les partisans de cette opinion seront en assez grand nombre pour que nous ne citions plus que leurs adversaires. Après avoir suivi les progrès lents, mais sûrs, de la vérité, il sera bon de voir comment & combien de tems l'erreur & l'ignorance se défendent. Shakerlœus se rendit alors célebre par une entreprise extraordinaire & courageuse. Il est peut-être le premier des modernes, qui ait entrepris un long voyage pour l'avantage des sciences. Instruit des principes de l'astronomie, il avoit trouvé par un calcul fait avec un grand soin, que Mercure devoit passer sur le Soleil le 3 Novembre 1651. Mais ce spectacle, qui devoit arriver pendant la nuit & le sommeil de l'Europe, étoit réservé pour l'Asie. Shakerlœus, enflammé par le desir de le voir, ne craignit point de traverser les mers; il se rendit exprès à Surate, & fut récompensé par la sérénité du ciel, qui lui laissa la satisfaction de faire l'observation qu'il avoit prévue. Ainsi la cupidité des richesses n'est pas la seule passion, qui fasse affronter les dangers de l'onde & des nouveaux climats. L'acquisition des vérités, le gain des sciences a donc aussi son appât, ses proselytes & ses martyrs. Shakerlœus laissa la vie dans la Perse; heureusement qu'avant

(*a*) Jean Wilkins né en 1614, mort en 1672. Jean Newton né en 1621, mort en 1672. Weidler, p. 498 & 503.

de mourir, il avoit envoyé en Europe le détail de son observation, & l'exemple comme le succès de son courage.

§. XIV.

Dans le même tems nous trouvons en Hollande un astronôme qui eut quelque réputation, & qui a bien mérité de l'astronomie, c'est Godefroi Vendelinus. Il observa beaucoup, mais particulierement la lune; on a un grand nombre d'éclipses observées par lui (*a*). Nous ferons précéder ses louanges par ses erreurs. Le premier reproche qu'on peut lui faire, est d'avoir voulu établir que les jours de vingt-quatre heures étoient égaux (*b*), malgré l'inégalité de la marche du soleil, dont le mouvement les mesure. Cette inégalité des jours reconnue par Hypparque, trouvoit encore des contradicteurs. De plus, on peut lui reprocher qu'après avoir tant étudié la lune, il ne lui fit point parcourir l'ellipse de Képler. Il ose lui donner un cercle, mais sans épicycle, & il explique ses inégalités d'une maniere qui eût été trouvée ingénieuse, si elle avoit paru plutôt. Il applique ici le balancement oscillatoire des pendules, découvert par Galilée. Au lieu de faire mouvoir la lune dans un petit cercle épicycle, comme les anciens autour d'un point qui se meut uniformément lui-même autour de nous; il suppose qu'elle ne fait que se balancer dans l'espace autour de ce point, précisément comme un pendule oscille à l'égard de la ligne verticale; par des excursions égales des deux côtés, la lune montre des inégalités semblables, qui tantôt accélerent & tantôt retardent son moyen mouvement (*c*). Cette hypothèse n'est au reste qu'une preuve d'attachement aux

---

(*a*) Riccioli, Almag. Tom. I, p. 251, 375 & suiv.

(*b*) *Ibid.* p. 279.

(*c*) *Ibid.* p. 272.

anciennes idées, & un dernier effort pour les conserver. Cependant il connoissoit assez les découvertes de Képler pour avoir reconnu le premier que les satellites de Jupiter observoient sa loi nouvelle, que les tems périodiques sont comme la racine quarrée du cube des diametres des orbites. Képler ne put faire lui-même cette application; de son tems les révolutions des satellites n'étoient pas assez bien connues. Ce fut Peiresc, qui le premier fit connoître à peu près ces révolutions. Il faut observer que la loi de Képler n'a lieu que pour les corps qui circulent autour du même centre. La lune ne peut se comparer à cet égard aux autres planetes; les satellites de Jupiter ne peuvent se comparer qu'entr'eux. Vendelinus ayant fait cette comparaison, trouva que la racine quarrée du cube des diametres de leurs orbes, ou la racine quarrée du cube de leur distance à Jupiter, étoit précisément comme le tems de leur révolution autour de lui (*a*). C'étoit une grande confirmation de la vérité établie par Képler. Quoiqu'elle eût pour preuves les six planetes, qui enveloppent le soleil par leurs cours, la maniere de l'établir pouvoit laisser quelque doute. Les philosophes seuls auroient senti que cette conformité de rapports dans six différens orbes n'étoit point l'effet du hasard, mais la suite d'un dessein & d'une regle, qui ont conduit le grand ouvrage de l'univers. Tous les hommes, pour qui le hasard est quelque chose, ne voyent pas comme les philosophes. On auroit pu dire à Képler, vous avez essayé une infinité de rapports, vous en avez trouvé un, qui peut s'appliquer à ces six corps, mais s'il y en avoit davantage, votre regle seroit en défaut. Galilée a augmenté le nombre des corps célestes pour glorifier Képler. Il n'y a point ici de hasard à

(*a*) Riccioli, Almag. Tom. I, p. 492.

craindre ; Képler ne connoiſſoit pas le mouvement des aſtres, qui viennent de manifeſter la vérité de ſa loi. C'eſt une partie de la nature, qui ſe dévoile tout à coup pour juſtifier par la vraiſemblance le plan d'une autre partie, tracé par un grand homme.

§. XV.

Vendelinus mérite d'être cité comme ayant établi d'une maniere formelle la variation de l'obliquité de l'écliptique, par la comparaiſon des obſervations modernes aux anciennes. Il fait cette variation d'un degré dans une période de 9840 ans, la plus grande de 24 degrés & demi, la plus petite, c'étoit celle de ſon tems, de 23 degrés & demi. Ces concluſions étoient trop précipitées. Nous ſommes encore loin aujourd'hui de connoître ni la quantité de la variation, ni la période. Mais on revint de ces écarts, & l'opinion qui renaît tant de fois ſur la terre, qui paſſe d'Eudoxe aux Arabes (*a*), des Arabes à Copernic, à Képler, à Vendelinus, eſt la vérité que le tems laiſſe parmi nous, parce qu'elle eſt éternelle.

Ce qui doit faire le plus d'honneur à Vendelinus, c'eſt ſa détermination de la parallaxe du ſoleil. Le Landgrave avoit regardé cette parallaxe comme inacceſſible par ſa petiteſſe (*b*); on ne pouvoit la déterminer ſur les inſtrumens, du moins par l'obſervation directe de ſes effets. Mais comme tout eſt lié dans l'univers, il eſt quelquefois des effets éloignés, plus faciles à ſaiſir, & d'où l'on peut remonter juſqu'à la cauſe. Nous l'avons dit, la parallaxe du ſoleil dépend de ſa diſtance (*c*). L'aſtronomie n'avoit pas fait un pas vers cette diſtance depuis

(*a*) Hiſt. Aſtron. anc. p. 242. *Suprà*, Tom. I, p. 228.

(*b*) *Ibid.* p. 374.

(*c*) *Ibid.* p. 97.

Ariſtarque

Ariſtarque ; ſon obſervation ingénieuſe avoit donné lieu à Hypparque & à Ptolémée d'établir la diſtance du ſoleil de 1210 demi diametres de la terre, avec une parallaxe de 3 minutes. Les Arabes, Tycho, ni Képler n'avoient rien changé à ces déterminations. Si Képler ſuppoſe quelquefois, & dans ſes Tables Rudolphines (a) une diſtance de 3438 de ces demi-diametres, & une parallaxe d'une minute, il y a apparence qu'il s'étoit décidé plutôt ſur des conjectures que ſur des obſervations. Mais ſi l'aſtronomie phyſique peut avancer par des conjectures, la connoiſſance réelle des grandeurs ne s'enrichit que des meſures & des méthodes exactes. Vendelinus reprit la méthode d'Ariſtarque ; la perfection des nouveaux inſtrumens, l'avantage du téleſcope, la rendoient infiniment meilleure, & plus capable d'approcher de la vérité. Il faut rendre à Képler la juſtice d'avoir indiqué en 1618 cette méthode aux aſtronômes obſervateurs (b). Quant à lui, ſon génie ne le portoit qu'à la contemplation.

Vendelinus avoit conſidéré avec ſoin les taches de la lune, il avoit déterminé celles qui ſe trouvent dans le diametre, & qui ſéparent le demi-diſque éclairé du demi-diſque obſcur, lorſque la lune eſt dichotome, ou dans le premier & le troiſieme quartier. Cela eſt utile pour déterminer le tems où la lune arrive à cette phaſe, il ſuffit alors de marquer l'inſtant où ces taches ſont éclairées. Le téleſcope étoit ici d'un grand ſecours. Vendelinus a ſur Ariſtarque tout l'avantage de cet inſtrument ſur la vue ſimple. Ariſtarque, en obſervant dans cet inſtant, avoit trouvé de 87° (c) l'angle vu de la terre entre les centres du ſoleil & de la lune. En combinant les obſervations de cette

(a) Tables Rudolphines, prec. 141, pag. 98.

(b) M. de la Lande, *Aſtron.* art. 1722.

(c) *Suprà*, Tom. I, p. 17.

phase, faites le matin, avec celles qui avoient été faites le soir, en faisant attention que les premieres pouvoient être retardées, & les autres avancées par la lumiere réfractée dans l'atmosphere de la lune, d'où naît un crépuscule qui étend les limites du jour de cette planete Vendelinus trouva cet angle de 89° 45′; il en dût conclure que le soleil étoit 229 fois plus éloigné de nous que la lune; il a donc aggrandi nos idées sur l'espace, il a plus reculé le soleil que tous les astronômes venus depuis Aristarque. Cette détermination donne la distance du soleil de 13752 demi-diametres, en supposant que la distance de la lune en contienne 60. La parallaxe du soleil se trouve de 15″. Riccioli, qui fit la même observation, ne trouve l'angle de la lune dichotome que de 89° 30′, & la parallaxe du soleil de 28 à 30″ (*a*). Nous ne pouvons apprécier l'adresse des deux observateurs, ni juger leurs observations, mais les résultats nous éclairent, en les comparant aux nôtres. Nous sommes bien sûrs que la parallaxe du soleil est au-dessous de 15″; & comme dans les choses des sciences nous ne croyons ni à la divination, ni même au hasard, nous pouvons dire que celui-là fit mieux, qui approcha le plus de la vérité. On ne dit point ni en quel tems Vendelinus est né, ni en quel tems il est mort, mais il est constant, par la date de ses ouvrages, qu'il a fleuri depuis 1626 jusqu'en 1643 (*b*).

§. XVI.

La Hollande avoit encore Snellius, Blaeu, Hortensius. Snellius eut de grandes connoissances dans les mathématiques. Il a écrit sur la comete de 1618; il mourut jeune (*c*). On dit

(*a*) Riccioli, Almag. Tom. I, pag. 109.

(*b*) Weidler, p. 457.

(*c*) En 1626.

que ses compatriotes ne faisoient pas de lui le cas qu'il méritoit (*a*). Mais Bouillaud lui rend justice ; il lui reconnoît de la profondeur, de la sagacité dans les recherches, de l'adresse pour résoudre les problêmes, & il ne doute point qu'il n'eût été loin dans l'astronomie, si sa carriere n'eût été trop tôt bornée (*b*). Il est particuliérement célebre par sa mesure de la terre dont nous parlerons ailleurs (*c*). Jansonius Blaeu, géographe, eut de la célébrité par ses globes & par ses spheres, où il représenta la disposition des planetes dans le systême de Copernic ; & cette profession de la vérité est d'autant plus remarquable qu'il avoit été disciple de Tycho, & quelquefois le compagnon de ses observations. Il a encore mieux mérité de l'astronomie par une mesure de la terre, qui a été peu connue (*d*). Hortensius de Delft (*e*), fut un astronôme Hollandois, qui devint le partisan du mouvement de la terre. Il est le premier qui ait déterminé avec quelque succès le diametre des petites planetes. Nous dirons un mot de sa méthode, dont l'esprit doit mener à d'autres méthodes.

Hortensius voulut connoître quelle étoit la petite étendue du ciel qu'il appercevoit par l'ouverture de son télescope ; il chercha deux étoiles dont la distance, égale à cette ouverture, eût été mesurée par Tycho, & s'assura que le diametre de son télescope occupoit un espace de 42'. Ensuite dans les Hyades, qui sont des étoiles fort serrées, fort près les unes des autres sur le front du Taureau, il en choisir deux dont la distance étoit assez précisément la huitieme partie de cet intervalle ; elles étoient donc éloignées de $5'\frac{1}{4}$. Il y compara le diametre de Jupiter, qui ne faisoit que la cinquieme partie de ce nouveau

(*a*) Weidler, p. 448.
(*b*) Astron. philol. p. 17.
(*c*) *Infrà*, Liv. IX §. 4.
(*d*) *Ibid.* note du §. 7. Blaeu florissoit vers l'an 1630.
(*e*) Né en 1605, mort en 1644.

module; ainsi ce diametre étoit environ d'une minute, il le trouva de la même quantité par une autre expérience. Ce fut en recevant l'image de cette planete sur un papier blanc, placé au foyer de la lunette, & en la comparant avec l'image du Soleil reçue précédemment sur le même papier. Il y traça le diametre de l'image, la grandeur de Jupiter, & cela lui procura le moyen de mesurer les autres planetes; il reçut sur le même papier l'image de Vénus, qu'il put comparer avec le dessein de Jupiter pris sur cette planete même & d'après nature. Cette comparaison lui donna la grandeur de Vénus; ensuite lorsque Mercure se trouva près d'elle, il les compara directement ensemble. Quant à Mars, il le saisit lorsqu'il étoit près de la lune; il estima combien de fois la distance de Mars au bord éclairé étoit contenue dans le diametre de la lune, puis le rapport du diametre de Mars à cette distance. Il observa Saturne, à peu près de même, & c'est ainsi qu'il établit que les diametres de Vénus & de Mercure étoient de 15″, & de 10″ lorsqu'ils sont le plus éloignés de la Terre; Mars de 36″, & Saturne de 40″, lorsqu'ils sont le plus près de nous. Quelques-uns de ces diametres ne s'écartent pas beaucoup de la vérité. Lorsqu'il voulut passer aux changemens qu'ils éprouvent, en proportion des distances différentes à la terre, il se trompa, parce qu'il se servit des Tables de son compatriote Lansberg, qui étoient défectueuses. Mais ces déterminations, faites avant l'invention des instrumens propres à les rendre exactes, étoient alors difficiles. Les moyens d'Hortensius sont ingénieux, & ses mesures prouvent qu'il observoit avec soin & avec adresse.

§. XVII.

En Italie nous trouvons, du vivant même de Galilée,

Cavalieri (*a*), géometre justement célebre par la méthode des indivisibles, qui est le premier degré des grands progrès de la géométrie : il donna des leçons d'astronomie ; il composa même sur les Tables de Lansberg une machine de carton, qu'il appelle roue planétaire, pour trouver les positions des planetes sans calcul (*b*). Reinieri fut du même tems, Reinieri, à qui Galilée son maître, privé de la vue, avoit laissé le soin de continuer les observations des satellites de Jupiter, & de dresser des Tables de leurs mouvemens pour fonder la méthode des longitudes. Il publia en 1639 les Tables des planetes, sous le nom de Tables Médicées ; mais il n'est point question des satellites ; il travailla long-tems à leur théorie. Enfin, suivant le témoignage du P. Riccioli son ami (*c*), il étoit en 1647 en état de donner la suite de ces mouvemens jour par jour ; les Tables étoient prêtes à imprimer, lorsqu'il mourut tout à coup. La science fut privée du fruit de son travail, & l'Italie perdit trois grands hommes en deux mois, Cavalieri, Reinieri, & Toricelli.

Cependant elle fit encore une découverte dans le ciel, à la suite des découvertes de Galilée. Jupiter, qui s'étoit montré dans les télescopes sous l'apparence d'un disque, comme la Lune, laissa voir encore une ressemblance avec cette planete ; il a des taches comme elle, c'est ce qu'on appelle les bandes de Jupiter : mais ces taches ne sont point semées sur le disque ; ce sont réellement des bandes obscures & lumineuses, qui entourent le disque de Jupiter comme une ceinture. Il paroît que ce fut le P. Zucchi qui les découvrit le 17 Mai 1630 (*d*).

(*a*) Mort en 1647.
(*b*) Riccioli Almag., Tom. I, p. 505. Histoire des mathématiques, Tom. II, pag. 25.
(*c*) Riccioli, Almag. p 489.
(*d*) C'est du moins la plus ancienne observation citée par Riccioli, Almag. T. I, p. 487.

vaſte lecture, & qui a rendu les mêmes ſervices à la géographie & à la chronologie qu'à l'aſtronomie. Ces ſervices ſont les mêmes que ceux qui lui ont été rendus jadis par Ptolémée. Emule de l'aſtronôme Egyptien dans ſon *nouvel Almageſte*, le P. Riccioli a raſſemblé toutes les obſervations connues, les méthodes, les déterminations, les opinions, les explications phyſiques des phénomènes. Tout y eſt démontré, ou combattu; l'antiquité eſt à côté des tems modernes : c'eſt le dépôt des vérités & des erreurs de l'eſprit humain, c'eſt le dénombrement, le produit de ſes œuvres, & une ſcience déjà vaſte, qui eſt réunie en maſſe pour l'expoſer aux yeux des lecteurs. Cet énorme recueil fut regardé dès ſon origine comme un tréſor; il l'eſt encore aujourd'hui, quoique la ſcience ait doublé ſes progrès & nos connoiſſances. Tout aſtronôme doit le parcourir & l'étudier. Riccioli n'étoit pas un homme de génie; il l'a bien prouvé en dépréciant par un coup d'œil faux les grandes découvertes de Képler, en rejetant & en combattant le ſyſtême de Copernic; mais il s'étoit enveloppé des préjugés de ſon tems & de ſon pays. S'il n'a pas atteint la hauteur de Képler & de Galilée, il a remplacé des qualités ſublimes par des qualités utiles; il a eu le courage de tout lire, de tout connoître, de tout embraſſer pour tout montrer; & en préſentant un tableau complet de l'aſtronomie, il a mis les hommes à portée de s'inſtruire, de choiſir mieux que lui, & de le juger lui-même.

§. XIX.

Son *Aſtronomie réformée* eſt le choix qu'il a fait dans cet amas de ſyſtêmes & d'opinions ſemés dans le cours des ſiecles; c'eſt l'édifice élevé par lui, dont le premier ouvrage contient les matériaux. Mais l'édifice, placé ſur une baſe peu ſolide,

ainſi que les images lumineuſes, reçues par un trou dans une chambre obſcure, ſont aggrandies : lorſque la lumiere eſt vive, les couleurs de l'arc en ciel ſe produiſent à côté des corps, & les entourent d'une couronne. Ce phénomène, auquel nous avons donné depuis le nom d'*inflexion* des rayons, n'a pas encore une cauſe bien connue ; il a offert un ſujet de recherches à Newton, à M. de Mairan (*a*). Mais ce fait de la nature, que le P. Grimaldi a été heureux de découvrir, attendra, comme ont fait tant d'autres, que le tems ait amené de nouveaux faits, pour l'expliquer & en développer le mécaniſme.

§. XX.

En France l'aſtronomie germa plus tard, & n'en a pas moins produit de fruits lorſque la ſaiſon eſt arrivée. Nous ne citerons point Viete pour une période luniſolaire de 3400 ans qu'il propoſoit au Pape Clément VII, & qu'il deſiroit qu'on employât dans le calendrier ; Viete fut réfuté par Clavius, & ſa période eſt tombée dans l'oubli. Mais nous devons citer, du moins pour l'érudition aſtronomique, le P. Petau, Jéſuite (*b*), habile chronologiſte & excellent critique ; l'aſtronomie lui a l'obligation d'avoir recueilli & traduit pluſieurs auteurs grecs, Achilles Tatius, Geminus, Hypparque, &c. Il étoit bon calculateur, & il a compoſé des diſſertations utiles ſur différens points de l'aſtronomie ancienne, tels que les levers & les couchers des étoiles, la rétrogradation des points équinoxiaux, & les lieux des ſolſtices. Mais le premier qui mérita réellement par ſes efforts, c'eſt Peyreſc, conſeiller au Parlement d'Aix.

(*a*) Newton, Traité d'optique. M. de Mairan, Mém. Acad. Scien. 1738.

(*b*) Né à Orléans en 1583, mort à Paris en 1652.

Peyreſc fut le protecteur, ou plutôt l'ami de Gaſſendi, à qui la nature avoit donné du génie, & le ſort peu de fortune. Gaſſendi lui a rendu ſes bienfaits, & l'a illuſtré en écrivant ſa vie. Peyreſc (a) n'eût pas plutôt entendu parler des découvertes de Galilée & des avantages du téleſcope, qu'il s'empreſſa de ſe procurer cet inſtrument précieux, il le tourna vers le ciel, & jouit du même ſpectacle que Galilée, en voyant les ſatellites de Jupiter. Mais lorſque la curioſité des autres hommes eût été ſatisfaite, celle de Peyreſc ne le fut pas; il apperçut toutes les recherches, qui devoient naître de cette découverte, & il ſe propoſa d'abord d'obſerver & de déterminer les mouvemens de ces nouveaux aſtres. Il paroît que le premier il a fait connoître à peu près la durée de leurs périodes, en diſant que le premier de ces ſatellites, le plus proche de Jupiter, décrit ſon orbe en 1^j & 18^h, le ſecond en 3^j 13^h, le troiſieme en 7^j 3^h, le quatrieme en 16^j 16^h. Il annonça que ces durées n'étoient pas tout-à-fait exactes, & avoient beſoin d'être rectifiées. C'eſt ce qu'il ſe propoſa en fondant un obſervatoire, en s'aſſociant des obſervateurs, au nombre deſquels fut Morin, dont nous aurons bientôt occaſion de parler. Il multiplia les obſervations, il prépara, dit-on, des Tables; mais on aſſure qu'il s'abſtint de les publier, en apprenant que Galilée étoit occupé de ce travail. Il ne fit point comme tant d'autres, qui, lorſqu'une nouvelle route eſt indiquée, ſe hâtent d'y entrer pour devancer les inventeurs; il penſa que la palme toute entiere devoit être réſervée à Galilée, & ne toucha point aux fruits d'une découverte qui étoit ſon ouvrage.

(a) Né en 1580, mort en 1637. Weidler, p. 441.

§. XXI.

Peyresc eut également l'idée d'employer les configurations des ſatellites de Jupiter à la recherche des longitudes ; il chargea pluſieurs voyageurs de les obſerver. Cet homme qui ne s'eſt pas diſtingué par de grandes inventions, avoit aſſez de mouvement dans l'eſprit pour le communiquer aux autres, & c'eſt ainſi qu'on peut être encore utile aux ſciences. Cependant il ſentit qu'il y avoit beaucoup de tems dans l'année où l'on ne pouvoit voir Jupiter ; d'ailleurs ces différentes configurations ſont difficiles à ſaiſir : il jugea que ſa méthode n'étoit pas ſi générale qu'il l'avoit penſé d'abord, & il ſe repoſa ſur le génie de Galilée, appliqué à ces méditations. Il adopta la ſaine opinion des anciens ſur la permanence du cours des cometes ; il les regarda comme des aſtres durables placés beaucoup plus haut que la lune, & ne s'éloigna pas de l'opinion de Képler, qui leur fait parcourir une ligne droite. Peyreſc étoit réellement obſervateur ; outre les révolutions des ſatellites, il obſerva quelques conjonctions des planetes & de la lune avec les étoiles.

Vendelinus, le partiſan de la variation de l'obliquité de l'écliptique, engagea Peyreſc à répéter en 1636 à Marſeille l'obſervation de la hauteur ſolſtitiale du ſoleil d'été, pour la comparer avec celle qui fut faite dans la même ville par Pithéas au tems d'Alexandre. La comparaiſon étoit trop curieuſe pour que Peyreſc s'y refusât. Il fit cette obſervation conjointement avec Gaſſendi. On employa un gnomon de 52 pieds de hauteur. Les obſervateurs, & ſur-tout Vendelinus, furent trompés dans leur attente : on trouva à peu près la même proportion que Pithéas avoit trouvée deux mille ans auparavant entre la longueur de l'ombre & la hauteur du gnomon ; la petite différence

annonçoit bien une diminution dans l'obliquité de l'écliptique, mais cette diminution étoit trop peu sensible pour avoir quelque certitude. On peut croire aujourd'hui que cette observation a été mal faite. Il n'en faut pas davantage pour arrêter les progrès des sciences; l'opinion renouvelée par Vendelinus, fut regardée comme une erreur : l'observation est la pierre de touche des opinions, mais il ne faut qu'une expérience mal faite pour faire rejeter une opinion vraie. Tandis qu'un sénateur de Provence s'occupoit ainsi de l'astronomie, un jardinier nommé Féronce, non moins estimable par l'emploi de ses loisirs, observoit à Vizille, près de Grenoble, les astres avec assiduité. Bouillaud a fait usage de ses observations, & il mérita d'être cité avec Gassendi & avec Bouillaud lui-même, comme un des trois premiers observateurs François.

§. XXII.

Gassendi (a) fut également le fils d'un paysan des environs de Digne, mais il reçut une meilleure éducation. Tous les germes de son ame se développerent : astronôme & sur-tout philosophe, il se rendit le défenseur d'Epicure; il combattit Descartes, & il partage avec ce grand homme la gloire d'avoir fondé la philosophie en France. Nous avons déjà parlé de son observation du passage de Mercure sur le Soleil, de celle de l'obliquité de l'écliptique; il observa également la libration de la Lune, découverte par Galilée (b); il mesura le diametre du Soleil par une méthode qui est la même, quant au fond, que celle d'Archimede (c). Au lieu d'employer, comme lui, deux cylindres, il se sert de deux petites planches inégales, enfilées

(a) Né en 1592, mort en 1655.

(b) Riccioli, Almag. Tom. I, p. 110.

(c) Histoire de l'Astronomie moderne, Tom. I, p. 20.

ſur une verge de bois ou de fer ; elles y peuvent gliſſer, & on les diſpoſe de maniere que les rayons partis des deux bords du ſoleil, enferment une ombre triangulaire ; l'angle du ſommet eſt la meſure du diametre du ſoleil (*a*). Il y a beaucoup d'incertitude à cauſe de la pénombre ; la limite de la lumiere & de l'ombre eſt difficile à fixer ; cette méthode étoit bonne au tems d'Archimede, elle ne valoit plus rien dans le tems où l'aſtronomie commençoit à ſe perfectionner. Gaſſendi meſura auſſi le diametre des petites planetes par des méthodes ſemblables à celles d'Hortenſius (*b*). Il écrivit les vies de Peyreſc, Purbach, Regiomontanus, Copernic & Tycho, & ſes œuvres imprimées en ſix volumes *in-fol.* ſont remplies de recherches curieuſes. Riccioli (*c*) voudroit bien le ranger au nombre des adverſaires de Copernic : Gaſſendi avoit écrit deux lettres pour combattre ceux qui nioient le mouvement de la terre ; Riccioli aſſure qu'il ſe rétracta, qu'il déclara n'avoir jamais enſeigné cette vérité que comme une hypothèſe, & qu'il finit par ſe ſoumettre au jugement de l'inquiſition. Gaſſendi étoit ſage ; on ne ſe repent point d'avoir douté & ſuſpendu ſon jugement. La raiſon & la vérité n'avoient ſervi de rien à Galilée, & ſon exemple pouvoit intimider Gaſſendi : il y a apparence cependant qu'il ne fut pas fort effrayé de la condamnation prononcée en Italie ; car ſes deux lettres furent réimprimées à Paris en 1642. Gaſſendi fut vraiment philoſophe, puiſqu'il le fut dans la pratique ; ſobre juſqu'à l'auſtérité, il menoit dans le monde la vie d'un cénobite : il vécut chaſte, il mourut pauvre, & ſans jamais avoir envié les richeſſes : il ſe trouvoit toujours aſſez riche lorſqu'il avoit quelque choſe à donner : il avoit des mœurs & de la vertu, & c'eſt plus que les opinions, ce qui conſtitue la ſaine philoſophie.

(*a*) Riccioli, Almag. T. I, p. 118.

(*b*) *Ibid.* p. 714.

(*c*) Riccioli, Almag. Tom. II, pag. 489.

§. XXIII.

Jean-Baptiste Morin fut un astrologue à qui l'audace, l'intrigue, & cet art de l'astrologie qui fait tant de dupes, donnerent quelque célébrité dans les commencemens, & avant la lumiere du dernier siecle. Il fut d'abord médecin, mais s'étant attaché à l'évêque de Boulogne, qui avoit à ses gages un astrologue Ecossois, ils troquerent de science ; l'Ecossois dégouté par l'incertitude des prédictions célestes, & le François par l'incertitude de la médecine (a). Morin fut bien récompensé pour avoir prédit qu'une maladie de Louis XIII ne seroit pas mortelle; les autres devins furent envoyés aux galeres : il prédit l'emprisonnement de son maître, l'évêque de Boulogne : il prédit la mot de Gustave : il annonça à Marie de Gonzague qu'elle étoit destinée à être Reine ; la prédiction n'étoit pas difficile, ces honneurs étoient naturellement l'apanage d'une maison souveraine, maison depuis long-tems illustre, illustrée encore aujourd'hui par un prince éloquent & philosophe (b). Plusieurs ministres, le Cardinal de Richelieu lui-même, se conduisoient par les avis de Morin ; ce qui montre bien plus la foiblesse des ambitieux que les talens de l'astrologue. Morin n'eut cependant pas le plaisir de prédire avec succès la mort de Gassendi ; il avoit annoncé cette mort pour 1650; Gassendi, pour l'ordinaire infirme, ne s'est jamais mieux porté que cette année-là, & il ne mourut qu'en 1655. La cause de sa haîne pour Gassendi étoit née des lettres où ce philosophe expliquoit les mouvemens de la terre. Morin, destiné aux erreurs, s'étoit déclaré contre ces mouvemens & contre Copernic, il se crut

(a) Bayle, art. Morin, Rem. B.

(b) Le prince Louis Gonzaga de Castiglione.

perſonnellement attaqué. Il écrivit auſſi contre Gaſſendi, & ne lui pardonna point d'avoir raiſon. Gaſſendi n'en fit pas grand cas ; & en effet un homme livré à l'aſtrologie, qui avoit annoncé l'antechriſt comme actuellement né, étoit bien digne des dédains du philoſophe.

Morin ne pourroit appartenir réellement à l'hiſtoire de l'aſtronomie que par ſes prétentions à la découverte des longitudes. Les Hollandois avoient promis, dit-on 100000, & le Roi d'Eſpagne 300000 livres; il en falloit moins pour tenter un aſtrologue. Il propoſa d'obſerver la hauteur méridienne de la lune, & en même tems la hauteur d'une étoile (*a*) ; il en concluoit la longitude & la latitude de la lune au moment de l'obſervation : & comme on peut toujours trouver par les Tables le moment où la lune doit avoir cette longitude & cette latitude ſous un méridien connu, la différence de ces deux inſtans donnoit la différence des méridiens & des longitudes (*b*). Morin demanda la récompenſe promiſe; le cardinal de Richelieu lui nomma des commiſſaires, qui furent Paſcal, Mydorge, Beaugrand, Boulanger & Hérigone. Il démontra ſa méthode ; ſelon lui, les commiſſaires furent ſatisfaits, & en effet ſa méthode eſt bonne dans la théorie. Mais les commiſſaires raſſemblés de nouveau dix jours après, déclarerent que Morin n'avoit point de droit au prix, parce que l'idée de la méthode ne lui appartenoit pas ; elle avoit déjà été propoſée par Gemma Friſius & par Képler : & parce que l'imperfection des Tables de la lune expoſant à des erreurs plus grandes que celles de l'eſtime des pilotes, la méthode devenoit impraticable.

(*a*) Il ſuppoſoit que la latitude du lieu étoit connue : ſi elle ne l'étoit pas il preſcrivoit de ſe ſervir d'une étoile qui paſſât au méridien en même tems que la lune.

(*b*) Morin, *longitudinum Scientia.* Riccioli, Tom. II, p. 612.

§. XXIV.

Hérigone, l'un de ses juges, avoit aussi proposé une méthode pour trouver les longitudes; il vouloit qu'on observât le moment où un satellite de Jupiter se trouve dans la ligne menée de la Terre au centre de Jupiter *(a)*. Morin se vengea en écrivant contre lui. En effet la méthode ne vaut rien; la théorie des satellites n'étoit pas alors connue: & Dominique Cassini *(b)* a fait voir depuis que les satellites, excepté le quatrieme, passent toujours devant ou derriere le disque, & ne peuvent être vus lorsqu'ils sont dans la ligne indiquée par Hérigone. Ces conjonctions, qui ont lieu pour le quatrieme, seroient très-difficiles à observer, & ne le seroient jamais avec précision.

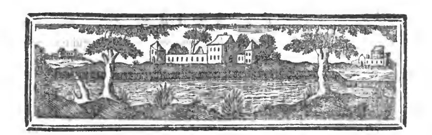
Voilà ce que la France & l'Angleterre avoient fait pour les sciences, jusqu'aux tems où l'Allemagne venoit de perdre Képler, & l'Italie Galilée. On y voit le goût naissant de l'observation & des recherches, un premier desir, qui est le germe des passions, & le présage de leurs efforts; enfin le mouvement nécessaire pour marcher, & pour commencer les progrès. Mais désormais la philosophie va nous éclairer; c'est d'elle que nous tenons & la vraie connoissance des choses que nous possédons, & la connoissance utile des choses qui nous manquent : c'est elle qui dirige l'esprit d'invention. On va la voir naître en France avec Descartes, qui, malgré ses erreurs, nous a portés par son génie au rang que nous occupons dans les sciences.

(a) Weidler, p. 480.

(b) Mém. l'Acad. Scien. T. VIII, p. 368.



HISTOIRE



HISTOIRE
DE
L'ASTRONOMIE MODERNE.

LIVRE QUATRIEME,

De Descartes.

§. PREMIER.

L'HOMME est né pour penser : nous ne parlons pas de l'état sauvage ; l'homme ne s'est développé, n'existe, pour ainsi dire, que par la société. Nous ne le trouvons point dans un être qui ne connoît ni Dieu, ni la nature, ni soi-même, dans un être toujours dépendant de cette nature souvent stérile & menaçante : s'il lui commande aujourd'hui, c'est en vertu de sa dignité, & sa dignité, c'est la pensée. Mais si la faculté de penser est accordée à tous les esprits, si les sens reçoivent de toutes parts des idées, s'il est donné au jugement de les comparer, à l'imagination de les combiner, il doit exister une méthode qui dirige les sens dans leurs recherches, l'imagination

& le jugement dans leurs opérations, une méthode qui épargne les écarts & les pas inutiles. Cette méthode eſt celle que Deſcartes a apperçue, & qu'il a propoſée. Le joug de l'antiquité s'étoit appeſanti juſqu'à ſon tems. Deſcartes fut indigné de voir que le monde étoit eſclave; il étoit entouré d'erreurs reſpectées, un jargon abſurde fatiguoit ſes oreilles. Dans cette foule de connoiſſances incertaines, où les vérités étoient confondues & cachées, le doute étoit partout également néceſſaire, il n'y avoit point de raiſon de choix : un examen général devoit précéder les choix particuliers. Il vit que pour ſavoir quelque choſe, il falloit commencer par oublier, & il détruiſit tout pour tout reconſtruire. Cet acte de courage nous donna une grande leçon; il nous apprit à connoître nos forces & à nous en ſervir. En faiſant le dénombrement de nos connoiſſances, en les ſoumettant à une inſpection attentive, la raiſon fut établie ſouveraine maîtreſſe pour choiſir les vérités par le caractere de l'évidence. Cet uſage de la raiſon eſt la date de la renaiſſance de la philoſophie, l'époque de nos progrès rapides par des efforts mieux dirigés; c'eſt l'ouvrage & le bienfait de Deſcartes.

§. II.

Ce Deſcartes, qui nous apprit à penſer, qui ne vouloit admettre que des vérités reconnues & enchaînées par l'évidence, eſt cependant un des philoſophes qui a le plus produit d'erreurs, & d'erreurs long-tems accréditées, long-tems défendues par l'aſcendant qu'il eut ſur les eſprits. Bacon avoit déjà paru en Angleterre, Bacon, philoſophe comme Deſcartes, fait comme lui pour répandre une lumiere nouvelle. Jamais deux hommes, également conduits par le génie, n'ont pris des routes plus différentes. Deſcartes voulut deſcendre d'un

principe unique pour expliquer tout; Bacon voulut qu'on obfervât tout avant d'expliquer, qu'on remontât par les faits, & qu'on sût s'arrêter avec eux. Defcartes traitoit la nature comme fi elle n'eût point exifté, comme s'il eût fallu la conftruire. Bacon la confidéroit comme un vafte édifice qu'il falloit entourer, pénétrer, décompofer avant de découvrir fa conftruction, & de parvenir aux fondemens fur lefquels il repofe. Auffi la philofophie de Bacon, bornée aux faits, fubfifte encore, tandis que celle de Defcartes, trop foumife à l'imagination, a été détruite. Bacon fut plus fage, Defcartes fut plus hardi; mais c'eft par cette hardieffe qu'il a fervi l'efprit humain. Ce n'eft pas le plus fouvent la fageffe qui fait les révolutions; il en falloit une, Defcartes l'a faite.

§. III.

DESCARTES naquit à la Haye en Touraine, le 31 Mars 1596; il étoit fils d'un confeiller au Parlement de Bretagne, & d'une famille diftinguée (a): il fit d'excellentes humanités, & lorfque fes maîtres applaudiffoient à fes progrès, il fe montroit plus difficile qu'eux, & n'étoit pas content de lui-même. On lui avoit rempli la tête d'idées futiles, de mots vides de fens; il aimoit la certitude & ne la trouvoit nulle part. Les mathématiques feules lui avoient plu, & le dégoût de tout le refte le livra tout entier à l'algebre & à la géométrie. Mais quelque eftime qu'il fît de ces fciences, parce qu'elles offrent des vérités certaines, il ne voyoit aucune folidité dans la confidération abftraite des nombres & des lignes (b); elle ne pouvoit être digne de l'homme que par des applications à la nature. La fcience de la raifon univerfelle lui parut feule digne d'être

(a) Baillet, *Vie de Defcartes*, p. 8.

(b) *Ibid.* p. 64 & fuiv.

cultivée, comme l'arbre dont les autres ſciences ne ſont que les branches. Cette liaiſon qu'il appercevoit entr'elles, la ſource unique où ſon imagination voyoit leur naiſſance, lui valut une premiere application, qui fut le plus beau fruit de ſon génie, & le fondement le plus ferme de ſa gloire; c'eſt celle de l'algebre à la géométrie, il unit les deux ſciences, comme Colomb avoit uni les deux mondes. L'algebre rendue moins intellectuelle, fut rapprochée de la phyſique par ſes rapports avec les dimenſions de la matiere, avec les corps qui ſont des objets ſenſibles. Cet ouvrage donne à Deſcartes des droits inconteſtables ſur les progrès que nous avons faits depuis lui: des facilités y ſont préparées pour les recherches futures; & cette premiere application d'une ſcience à l'autre, a été la ſource de toutes les applications de la géométrie à la phyſique.

§. IV.

Cependant il fut égaré par la géométrie, qui eſt la certitude même; il fut égaré par un enchaînement des choſes qu'il oſa preſſentir, & qu'il crut pouvoir atteindre: mais cet enenſemble de la nature ſurpaſſoit & ſa portée, & même la nôtre; nous le voyons mieux que lui, ſans y toucher encore; nous avons joint plus d'anneaux, mais la chaîne entiere nous échappe. il vit que la géométrie, partie de quelques axiômes ſimples & évidens, s'avançoit toujours en enchaînant, en accumulant vérités ſur vérités; la marche, la méthode des géometres lui parut applicable à tout: il conſidéra la nature comme une grande unité, comme un tout vaſte, mais compoſé de parties liées; il crut qu'il ſuffiſoit de la ſaiſir par un de ſes points, pour s'élancer juſqu'à ſes extrémités, pour pénétrer juſques dans ſes profondeurs. Il auroit eu raiſon s'il ſe fût contenté d'annoncer ce que pourroit peut-être un jour le génie, aidé du tems &

de l'expérience ; mais l'homme est pressé, & le génie actif & rapide, lorsque l'expérience est lente & successive. Descartes choisit quelques vérités premieres, évidentes par leur simplicité, il pensa que toutes les autres en étoient écoulées, & il se regarda comme à la source d'un grand fleuve ; la formation, le mécanisme de l'univers alloient se manifester par l'ordre de ses pensées. Emporté par l'imagination, il se laissa descendre le long du fleuve, & il crut parcourir la nature dans les songes qu'il a faits sur elle. Voici les vérités qui furent la base des recherches & des inventions de Descartes ; c'est la connoissance évidente de son existence, de celle d'un être parfait & infini, qui est Dieu, de l'existence également certaine de la matiere & du mouvement (*a*). Il passe ensuite à des vérités liées à ces premieres. Comme l'idée la plus générale, l'idée essentielle des corps est celle de l'étendue, il s'ensuit que partout où il y a de l'espace, il y a des corps ; le vide n'existe nulle part. La permanence & la constance des choses, dans leur état primitif, est la premiere loi ; rien ne change sans une cause extérieure : la quantité de mouvement reste par conséquent la même dans l'univers. Le mouvement, toujours dirigé en ligne droite, y persévere, & durera sans cesse, si une cause étrangere ne le détourne, ou ne l'anéantit (*b*). On aime à voir un homme marcher ainsi de conséquences en conséquences ; les bons esprits furent frappés de l'ordre & de la succession des pensées de Descartes.

§. V.

Il ne demandoit que de la matiere & du mouvement ; il avoit donc tout ce qu'il falloit pour la création qu'il méditoit

(*a*) Principes de la Philosophie, I part., art. 6, 18, 54, II part., 1 & 23.

(*b*) *Ibid.* Part. II, art. 16, 36, 37, & 39.

Il considere la matiere comme composée de parties égales & continues : ces parties ne furent point primitivement rondes, les spheres ne peuvent se toucher par tous leurs points, il y auroit eu du vide dans l'espace. Ces parties anguleuses, mises en mouvement, se sont usées les unes contre les autres. La poussiere des corps, infiniment divisée, infiniment agitée par sa nature, a rempli tous les interstices, & est devenue par sa ténuité & par son agitation, le grand agent de l'univers *(a)*. Les autres parties plus grosses, arrondies par le frottement, sont devenues la lumiere, qui rend l'univers visible. Ces parties, grandes & petites, ont un mouvement en tout sens *(b)*, & c'est ici la premiere erreur de Descartes ; comment a-t-il pu concevoir un corps porté à se mouvoir dans toutes les directions ? Cette capacité, la même de toutes parts, nécessiteroit l'indifférence, & conserveroit le repos au lieu de produire le mouvement. Comment d'ailleurs cette supposition a-t-elle pu cadrer avec la belle loi de la persévérance du mouvement dans une direction une fois imprimée ? Mais passons lui cet écart de la vérité, & suivons le dans la construction de son systême. On ne conçoit pas davantage comment tous ces mouvemens, dans toutes les directions, produisent un mouvement circulaire de toutes ces parties autour des divers centres. Il est sans doute bien des choses dans la nature que nous ne concevons pas, & que nous ne concevrons peut-être jamais. Quand l'homme cherche à rendre raison de la nature, nous ne lui reprocherons pas de n'avoir pu passer des barrieres impénétrables ; nous ne lui dirons point, vous n'avez pas remonté assez haut, pourvu que parti d'un principe évident, d'un fait

---

(a) Principes de la philosophie, part. II, art. 48, 49, 50, 51, 55.

(b) Principes de la philosophie, part. III, art. 57.

observé, il descende par des conséquences bien liées à la raison des autres faits observés, pourvu qu'il soit toujours clair. Mais s'il trouve dans sa route, en descendant, des choses inexplicables, il a manqué son objet; & s'il ose les admettre sans les concevoir, il est inconséquent. Ces erreurs ont cependant produit une découverte; il faut pardonner à Descartes, il a apperçu la force centrifuge (*a*).

§. VI.

On pense que les anciens ont pu connoître cette force. Anaxagore disoit en effet que la voûte céleste étoit composée de grosses pierres, que la rapidité du mouvement circulaire tenoit éloignées du centre, & qui y tomberoient sans ce mouvement (*b*). On trouve encore chez les anciens d'autres passages dont on pourroit tirer la même conclusion (*c*). Mais, conformément au principe que nous avons établi dans cet ouvrage, nous ne croirons point que des gens, qui ne voyoient le ciel que comme une voûte de pierre, aient jamais pénétré la nature du mouvement. Si les Grecs avoient eu ces idées, elles seroient empruntées, elles seroient les restes de la destruction d'un ancien systême physique. Mais dans l'Asie, où tout a été produit, on ne trouve aucune trace ni de la notion des forces, ni des loix du mouvement; & à l'égard de la connoissance qu'on en attribue aux Grecs, connoissance obscure & incertaine, renfermée dans des expressions vagues, nous observerons qu'il y a une grande différence entre les vérités de fait & les idées des ressorts de la nature, entre les mesures astrono-

(*a*) Principes de la philosophie, part. III, art. 58, 60.

(*b*) Hist. Astron. anc. p. 203.

(*c*) Plut. *in fac. in orb. lunæ.* Voyez les passages recueillis par M. du Tems, dans l'ouvrage intitulé *Recherches sur les découvertes des anciens*, Tom. II, p. 150.

miques & terrestres, qui constatent les phénomènes & les causes présumées de ces phénomènes. Les faits, lorsqu'ils se conservent, ne sont susceptibles d'aucune équivoque, ils ont été connus, puisqu'ils ont été transmis ; au lieu que les causes physiques, les propriétés primitives des corps, présentées d'une maniere générale & métaphysique, ont une incertitude qui naît de l'incertitude de la langue. Comment déterminer la signification précise, & les idées attachées aux mots, lorsque souvent tant de nuances sont comprises sous un seul mot ? Le sens change avec le tems, la signification s'étend avec la connoissance des choses ; les langues meurent tous les jours en détail par l'usage qui les varie : elles vieillissent comme l'homme, elles changent comme lui de traits & de figure. Pour juger les idées métaphysiques, il faudroit avoir le dictionnaire du siecle, & la valeur des nuances que les esprits tenoient de la tradition & de l'usage. Nous nous défions de l'étendue qu'on peut donner aux opinions des anciens ; nous voyons peut-être aujourd'hui dans leurs expressions bien des notions acquises depuis. Enfin nous pensons que si l'on doit croire aux faits réels & déterminés qu'ils nous ont laissés, nous ne pouvons nous transporter à leur tems, pour avoir une idée nette de leur maniere de concevoir.

§. VII.

Nous croyons donc pouvoir regarder Descartes comme l'inventeur de la force centrifuge : il est du moins le premier qui en a eu une idée vraie & mathématique. Un corps qui se meut en rond autour d'un centre, tend continuellement à s'éloigner de ce centre ; cet effort est nécessairement l'effet d'une force, & cette force a été nommée en conséquence force centrifuge. Si ce corps, mu circulairement, étoit libre, il

il s'échapperoit par la tangente au cercle qu'il décrit. Lorſqu'on veut lancer une pierre par une fronde, on fait décrire à la fronde une portion de cercle, & la pierre lancée, en quittant la fronde, ſuit une ligne droite, tangente à cette portion de cercle. On peut ſentir ſoi-même l'exiſtence & l'effort de cette force. Si l'on attache un corps peſant à l'extrémité d'une corde, & qu'on le meuve circulairement, la corde ſe tend, le corps tire la main placée au centre du mouvement, & par la réſiſtance qu'il faut lui oppoſer, on ſent la force qui le ſollicite à s'éloigner du centre. Cette découverte de Deſcartes aura de grandes utilités; mais il vit cette force naître du mouvement circulaire, ſans avoir l'idée de le décompoſer, & de chercher les forces qui conſpirent à le produire. Nous appercevons ici les bornes de l'eſprit humain. Deſcartes, dans la pierre lancée par la fronde, dans la pierre qui circule attachée à une corde, a bien reconnu la force centrifuge, qui tend à l'éloigner du centre; mais il n'a point vu la puiſſance qui la retient, qui balance & détruit cette force centrifuge. On peut dire même que par ces corpuſcules, mus de leur mouvement propre autour d'un centre, il a rappelé dans la phyſique les mouvemens primitivement & naturellement circulaires, ces mouvemens adoptés ſi long-tems par l'antiquité, que Képler avoit combattus & détruits (*a*). Faute d'avoir conſulté les faits connus, d'avoir ſaiſi les idées lumineuſes déjà expoſées, il a fait un pas en arriere.

§. VIII.

CETTE infinité de corps, mus circulairement autour d'un centre, a formé des tourbillons; Deſcartes en apperçoit un

(*a*) *Suprà*, p. 46 & 70.

nombre considérable dans le grand espace de l'univers (*a*). La poussiere des corps, la matiere subtile remplit tous les intervalles & des corps & des tourbillons. Mais comme ces corps font continuellement effort pour s'éloigner du centre, ils ont dû y former un vide, qui a été aussi-tôt rempli par la matiere subtile. Cet amas de matiere agitée & liquide a produit dans ces centres des corps lumineux, qui sont le soleil & les étoiles (*b*). Cette matiere agit sur les corps globuleux, élastiques qui lui sont contigus; l'ébranlement de ces globules se communique instantanément, & toute une sphere est éclairée. Les corps lumineux peuvent luire des millions de siecles sans dépense, sans rien perdre de leur substance, & sans autre action que celle du mouvement intestin, qui leur est propre, & qui ne peut changer, ni s'anéantir.

Dans une sphere qui tourne, la force centrifuge est la plus grande à l'équateur, elle est nulle au pôle, & cela est simple, puisque le mouvement circulaire dont elle est née, est le plus grand à l'équateur, tandis que le pôle est immobile. En vertu de la force centrifuge des tourbillons, inégaux en grandeur, ils font tous efforts les uns contre les autres. Mais la faculté que les corps mus ont de prendre toutes les directions, a fait que tout s'est disposé pour la facilité & la conservation des mouvemens. Les pôles, les axes se sont établis de maniere que le mouvement d'un tourbillon foible prenant obliquement & de côté le mouvement d'un tourbillon plus fort, fût en équilibre avec lui (*c*). Cependant l'ordre & l'économie de la nature n'ont pu empêcher que quelquefois une action foible ne se trouvât voisine d'une action plus forte. Celle-ci a prévalu,

(*a*) Principes de la philosophie, Part. III, art. 46 & 65.

(*b*) *Ibid.* art. 54, & suiv.

(*c*) *Ibid.* art. 65 & suiv.

un tourbillon a empiété ſur l'autre, & dans les eſpaces céleſtes, comme ſur la terre, les grands empires ont dévoré les petits. Cet aſſerviſſement n'a point été une deſtruction, &, comme ces conquérans, qui laiſſent aux peuples vaincus leurs loix & leurs uſages, le grand tourbillon, en englobant le petit, en le forçant de circuler dans le même ſens que lui, & comme un corps qui y nage, lui a laiſſé ſa forme & ſon mouvement de tourbillon ſubalterne autour de ſon premier centre (*a*).

§. IX.

VOILA donc un petit ſoleil qui circule autour d'un grand. Il falloit encroûter ce petit ſoleil pour en faire une planete opaque: mais avant d'expliquer cette opération, qui nous a été ſi utile, puiſqu'elle nous a créé une demeure dans l'univers, il faut remarquer que la matiere ſubtile, produite par les angles briſés des corps primitifs, n'a pas été pulvériſée ſi également qu'il n'y ſoit reſté des parties anguleuſes plus entieres & plus maſſives que les autres; ces parties, en conſéquence d'une maſſe plus grande, ont pris plus de force centrifuge, & ſe ſont rangées aux confins du tourbillon. Deſcartes, par ſa volonté, leur défend de paſſer au-delà, parce qu'elles y doivent former des obſtacles, qui empêchent la matiere ſubtile de mouvoir les globules de la lumiere, & voilà les taches ſur le ſoleil (*b*). Si ces parties maſſives ſont abondantes, les taches ſe multiplieront, le ſoleil encroûté diſparoîtra. C'eſt ce qui peut arriver un jour au nôtre, ſuivant Deſcartes, & ce qui arrive aux étoiles que nous voyons diſparoître. Cette croûte continue & durcie, a produit des corps ſolides, opaques,

(*a*) Prin. de la phil. P. III, art. 119 & ſuiv.

(*b*) *Ibid.* art. 87, 94.

capables de réfléchir la lumiere, & de porter des êtres pensans, assez hardis pour tenter de raconter la génération du monde, entiérement accomplie avant eux, puisqu'ils en sont le dernier chef-d'œuvre.

On conçoit que si un tourbillon en a englouti un, ou plusieurs plus petits, il peut être englouti lui-même dans un plus grand; c'est le châtiment de l'usurpation & de l'injustice. Ces tourbillons circulant dans un tourbillon qui circule lui-même, sont les satellites de Jupiter, la Lune de la Terre, qui nagent dans les tourbillons de ces planeres, comme celles-ci nagent dans le tourbillon du Soleil. Lorsqu'un petit tourbillon est entré dans un grand, la place qu'il occupe dépend de sa solidité, il commence à se mouvoir circulairement, entraîné par le fluide; mais les parties de ce fluide tendent toutes vers la circonférence, le petit tourbillon qui y nage fait obstacle à cette tendance, elles se détournent pour passer au-delà, & le corps étranger descend vers le centre. Toujours entraîné circulairement, il continue à prendre de la force centrifuge, il en acquiert à proportion de sa solidité *(a)*; s'il est peu solide, il continuera à descendre jusqu'à ce qu'il ait acquis une force centrifuge, égale à celle des parties qui le meuvent. Cela fait, il restera dans cette couche du fluide, & se mouvra tranquillement avec elle. C'est ainsi que les planetes & les satellites se sont placés à différentes distances du centre. Si au contraire ce corps nouveau a assez de solidité pour prendre promptement une grande force centrifuge, il ne descendra pas long-tems, il peut même acquérir une force supérieure à celle des molécules du fluide, il s'éloignera plus qu'elles du centre, & il sortira du tourbillon pour passer dans un autre. C'est ainsi que

(a) Principes de la philosophie, Part. III, art. 140 & 147.

les cometes, formées comme les planetes, voyagent de tourbillon en tourbillon, & ſe montrent, ſuivant Deſcartes, pour diſparoître bientôt, & ne plus ſe remontrer.

§. X.

C'est par le même mécaniſme que Deſcartes, revenu ſur la terre, explique les mouvemens terreſtres, & les lie aux grands mouvemens du ciel; il ne vit dans tout les corps mus qu'un effort pour s'éloigner du centre, il admit la légéreté plutôt que la peſanteur. Les corps ne ſont peſans, n'ont une tendance vers le centre de la terre, que parce qu'ils ſont privés de force centrifuge. Les parties du fluide environnant, qui en ont beaucoup, preſſées de s'éloigner, ſe diviſent, ſe détournent, & les corps tombent en prenant leur place. Les corps ne paroiſſent donc peſans que parce qu'ils ſont environnés de corps plus legers; ils ne tombent que parce que les autres s'élevent. Telle eſt, dans la penſée de Deſcartes, l'explication des phénomènes de la peſanteur, & celle du mouvement des corps céleſtes. Cette explication avoit quelque choſe de ſéduiſant; on n'avoit rien alors ni de plus vraiſemblable, ni de mieux ordonné. Tout eſt produit par le mouvement d'un fluide; les planetes ſont entraînées, aſſujetties par ſon cours; les corps ſe précipitent autour de nous par l'agitation du même fluide. Les phénomènes du ciel & ceux de la terre ramenés aux mêmes loix, aux mêmes cauſes, étoient une belle découverte, & le fruit d'une grande entrepriſe. On y retrouvoit une unité de vues, une ſimplicité de moyens que les hommes ont toujours regardée comme le caractere de la nature. Le ciel matériel, peuplé d'aſtres & d'étoiles, ceſſoit d'être la demeure de corps divins & éternels, qui joignoient à l'avantage de la durée & de la conſtance une ſupériorité d'intelligence ſur l'eſpece humaine.

Il faut convenir que par ses explications mécaniques Descartes a banni sans retour les ames des planetes, & leurs intelligences conductrices. Képler avoit encore trop respecté ces restes absurdes de l'ignorance (*a*).

L'univers sous les yeux de Dieu, n'est qu'un grand amas de matiere, semblable dans toutes ses parties, agité des mêmes mouvemens & gouverné par les mêmes loix. C'est un empire dont la terre est une province. L'homme, doué d'un orgueil aussi ancien que son existence, a cru long-tems que les cieux tournoient pour lui, que les flambeaux célestes brilloient pour l'éclairer; il se regardoit comme le centre de la nature, mais déchu de ces prétentions ridicules par les découvertes de son génie, il n'a plus vu qu'un espace immense, où son petit globe est comme perdu, où nagent une infinité de globes plus considérables que le sien. L'ordre & la constance lui parurent régner dans le ciel, le hasard & la confusion sur la terre. Après sa supériorité perdue, il fut trop heureux que Descartes lui rendît une sorte d'égalité; il fut content que la même loi mécanique animât le ciel & la terre.

On pouvoit demander à Descartes pourquoi les corps terrestres, qui font masse avec la terre, qui sont emportés avec elle par son mouvement journalier, n'acquierent point de force centrifuge? Car dans son hypothèse, ils ne tombent que parce qu'ils en sont privés. On pouvoit lui demander encore pourquoi dans un grand tourbillon, tel que celui du soleil, toutes les planetes se meuvent dans des plans différens? Pourquoi la lune emportée par le tourbillon de la terre, ne se meut pas dans le plan de l'équateur terrestre? Je ne conçois un tourbillon que lorsqu'il se meut circulairement, que lorsque le soleil qu'il

(*a*) *Suprà*, p. 63.

enveloppe eſt placé au centre. Les ſuppoſitions contraires aux faits n'étoient plus permiſes, depuis que Képler avoit tracé la route des planetes dans des ellipſes, & placé le ſoleil hors du centre, dans un de leurs foyers. On eût pu preſſer encore davantage Deſcartes, en lui diſant; tous les tourbillons dont vous compoſez l'univers, ne peuvent ſe balancer ſuffiſamment; la force centrifuge, dont vous les animez, eſt une force deſtructive, elle tend à tout diſſiper; & ſi vous avez imité la nature dans la ſimplicité de ſes moyens, vous n'avez point ſurpris le ſecret de ſa conſervation; la permanence, la durée ſont ſes caracteres, & votre mécaniſme deſtructeur n'eſt point le ſien. Deſcartes, dans le tems où il vivoit, auroit mêlé dans ſes réponſes des principes obſcurs à des vérités lumineuſes, & il eût réduit au ſilence par l'aſcendant de ſon génie; mais aujourd'hui, éclairé par ceux qui ont renverſé ſon ſyſtême, il diroit avec juſtice; vous n'avez pas tout détruit, la force centrifuge eſt un fait de la nature, c'eſt une vérité éternelle que j'ai enſeignée aux hommes, c'eſt une vérité qui vous a mis ſur la voie d'une infinité d'autres: ſi j'ai cru que cette loi ſuffiſoit pour expliquer tout, vous devez admirer comment j'ai conçu la nature. Une loi ſimple, univerſelle, un ſeul mécaniſme pour les mouvemens du ciel & de la terre, cette liaiſon intime entre la nature terreſtre & la nature éloignée, ſont une idée profonde qu'on n'avoit pas même ſoupçonnée avant moi; & ſi j'ai manqué mon objet en cherchant ce mécaniſme, l'idée de ſon exiſtence me reſte. C'eſt elle qui vous a guidés; & lorſque vous avez trouvé des principes meilleurs & des loix plus vraies, vous avez ſuivi mon plan, vous avez accompli mes vues.

§. XI.

Enfin cette cause unique & universelle étoit une idée toute neuve. Képler avoit déjà tenté d'expliquer les phénomènes supérieurs par des similitudes familieres, par des exemples pris sur nous & autour de nous ; mais malgré la force de sa tête, il n'a point conçu une cause unique, & il n'a point songé à la chercher. Bien éloigné de saisir cette unité, il a expliqué la translation des planetes par la rotation du soleil ; le changement de leur distance par la vertu qui réside dans cet astre, & il lui a fallu des pôles amis & ennemis du soleil, pour que ces planetes pussent s'en éloigner après s'en être approchées. Cependant Képler étoit plus près de Newton, & de nos lumieres actuelles que Descartes. Si Descartes a ouvert la route aux plus belles découvertes par ses inventions géométriques, Képler a entrevu, a laissé plus de vérités physiques que lui. Descartes a osé davantage, & son audace est la mesure de sa force, il ne lui a manqué que d'être plus savant ; il paroît ignorer bien des faits connus de son tems. Nous ne voyons point qu'en construisant son édifice, il eût autour de lui tous les faits amassés avant lui ; il ne cite dans les principes de sa philosophie ni Képler, ni ses loix : nous oserons lui faire un reproche d'avoir passé beaucoup de tems en Allemagne sans chercher Képler, & d'avoir été en Italie sans voir Galilée (*a*). Nous ne concevons pas que l'homme, qui a desiré de trouver les freres de la Rose-Croix (*b*), prétendus sages dont on débitoit des merveilles incroyables & absurdes, n'ait point eu la même curiosité pour les législateurs de l'astronomie & de la science

(*a*) Descartes étoit à Francfort en 1619, à Vienne en 1620, en Italie en 1624. *Vie de Descartes*, p. 37, 52 & 71. Képler n'est mort qu'en 1631, Galilée n'est mort qu'en 1642.

(*b*) Baillet, *Vie de Descartes*.

du

du mouvement, pour ceux qui avoient découvert la forme des orbites planétaires, les loix de leur mouvement, celle de la chûte des graves, & qui avoient vu les premiers le ſpectacle d'un ciel nouveau. Ces hommes avoient avancé la connoiſſance de la nature; ces hommes avoient élevé leur ſiecle, ils auroient élevé Deſcartes lui-même; Deſcartes ſeroit parti de plus haut pour s'élever davantage, & ſur-tout par un vol plus ſûr. C'eſt un malheur de ne point ſentir le beſoin & l'utilité des ſecours; quand on eſt animé du génie, il eſt naturel d'en ſentir la puiſſance : mais le tableau de la vie de Deſcartes décèle un ſentiment d'orgueil, une exagération de ſa propre force. Il a voulu qu'elle ſuffît à tout, il s'eſt cru ſeul de ſon ordre, il a dédaigné les livres & les hommes; &, s'il eſt permis d'employer cette comparaiſon, comme Dieu, dans ſa création, a tout tiré de ſon ſein, Deſcartes, dans la ſienne, a voulu tout tirer de ſon génie.

§. XII.

Descartes, qui avoit expoſé la marche de ſa raiſon, & l'ordre régulier de ſes penſées, dans ſon livre de la Méthode, donna des exemples de cette marche & de cet ordre dans ſa Dioptrique, dans ſes Météores, & dans ſa Géométrie, qui ſont les premieres & les plus précieuſes applications de l'eſprit géométrique à toutes les ſciences. Mais avant de parler de ſa Dioptrique, nous devons développer ſa Théorie de la lumiere. La lumiere eſt en apparence inſtantanée; dès qu'elle ſe montre, elle eſt auſſi-tôt apperçue, &, ce ſemble, quelle que ſoit la diſtance. Cependant elle eſt viſible de très-loin, elle vient du ciel juſqu'à la terre; & quelque vîteſſe qu'on ſuppoſe, dès qu'il y a tranſlation, dès que nous voyons un eſpace parcouru, nous y joignons preſque involontairement

l'idée d'un tems, si petit qu'il soit, employé à parcourir cet espace. Le son entendu sur la terre à des distances peu considérables, transporté par le fluide de l'air, emploie un tems mesurable pour arriver jusqu'à nous (*a*). Comment la lumiere, souvent lancée de si loin, paroît-elle instantanée ? Descartes en conclut que la lumiere ne nous est point envoyée. Visible ou non, elle est toujours présente autour de nous ; son repos fait les ténebres, sa pression sur notre organe fait le jour & la lumiere. C'est un fait de l'expérience, que dans une longue suite de boules élastiques, de boules d'ivoire, par exemple, si on frappe sur la premiere, le coup se transmet à la derniere, qui seule se met en mouvement, & cela sans retard, & dans l'instant même, pourvu que le ressort soit parfait. Les particules de lumiere rondes & parfaitement élastiques, sont semblables à ces boules d'ivoire ; elles sont serrées & semées partout. Chaque point lumineux est toujours au bout d'une file qui aboutit à notre œil ; & l'objet céleste, composé d'une matiere subtile très-agitée, quoique placé à une distance presque infinie, presse sur l'extrémité de cette file, tandis que l'autre extrémité, qui repose sur notre organe, y transmet dans l'instant le mouvement reçu, & y produit la sensation de la lumiere (*b*). Cette explication est naturelle & séduisante ; on peut dire même qu'avant les découvertes de Roëmer elle pouvoit paroître nécessaire ; cependant elle est assujettie à des objections très-fortes. Les fluides sont susceptibles de se mouvoir en tout sens ; si la lumiere en est un, elle doit en avoir les propriétés. L'eau qu'on agite propage l'impression reçue par des anneaux circulaires, le bruit se répand également dans l'air

(*a*) Il parcourt environ 170 à 180 toises par seconde.

(*b*) Dioptrique, Disc. I. Philosophie, Part. III, art. 48, 54, 55.

par des ondes ; un obſtacle interpoſé n'empêche pas toujours d'entendre, comme il empêche toujours de voir. Enfin lorſque les fluides ſont agités en tout ſens, il eſt évident que la lumiere marche toujours en ligne droite. Elle paroît donc envoyée, & c'eſt avec beaucoup de raiſon que Newton s'eſt décidé pour l'émiſſion de la lumiere lancée du corps lumineux.

§. XIII.

KÉPLER, en appliquant la théorie de la réfraction de la lumiere au changement de ſa route, quand elle paſſe de l'air dans le verre, avoit cherché ſuivant quelle loi s'opéroit ce détour. La lumiere, quand elle ſe préſente perpendiculairement, pénetre dans le verre ſans changer de route ; la réfraction n'a lieu que lorſque le rayon s'écarte de la perpendiculaire, & s'incline vers la ſurface du verre. Képler trouva, par les expériences dont nous avons parlé (*a*), que tant que l'angle de ce rayon avec la perpendiculaire ne ſurpaſſe pas trente degrés, l'angle de réfraction en eſt à peu près le tiers ; cette eſtimation lui ſuffit pour établir la théorie des verres optiques. Snellius, Hollandois, déjà cité, donna dans un ouvrage reſté manuſcrit, une meſure encore plus exacte de ce phénomène ; il établit que l'angle de réfraction étoit à l'angle d'inclinaiſon, comme ſont entr'elles les longueurs des rayons incidens & réfractés, coupés par des parallèles également diſtantes de la ſurface réfringente (*b*). Il trouva que dans un même milieu ce rapport étoit conſtant, quelle que fût l'incidence des rayons, en

(*a*) Hiſtoire de l'Aſtronmie moderne, *Suprà*, p. 14.

(*b*) *Voyez* (*fig.* 10) ; ſi le rayon DB réfracté en B, en entrant dans l'eau, ou dans le verre, prend la route BE, & qu'on mene les parallèles FD, EG à la ſurface AC, qui en ſoient également diſtantes l'angle de réfraction EBI ſera à l'angle d'incidence DBH, dans la proportion des longueurs des rayons BE & BD. Deſcartes ſubſtitua à cette proportion celle des ſinus EI, HD.

paſſant de l'air dans l'eau, c'eſt toujours le rapport de 4 à 3 ; de l'air dans le verre, toujours celui de 3 à 2 (*a*). Deſcartes eſt parvenu à la même découverte & à la même meſure ; ſeulement au lieu des longueurs des rayons employés par Snellius, il emploie les ſinus des angles qui ſont dans le même rapport. On a prétendu que Deſcartes avoit dérobé cette découverte à Snellius. Huygens aſſuroit que Deſcartes avoit eu communication du manuſcrit; mais on ne ſauroit être trop circonſpect quand il s'agit d'accuſer un homme de ſon ordre. On ne fait aucun tort à Snellius, en diſant que Deſcartes a pu s'élever ſeul, & comme lui, à cette invention.

§. XIV.

Ce qu'on ne conteſte pas à Deſcartes, ce ſont ſes efforts pour expliquer l'effet de la réfraction; il commence par expliquer la réflexion des corps (*b*). Un corps élaſtique, qui tombe perpendiculairement ſur une ſurface auſſi élaſtique, communique tout ſon mouvement au corps frappé, qui le lui reſtitue auſſi-tôt par ſon propre reſſort, & le repouſſe dans la même direction. Mais lorſque ce corps tombe obliquement, ſa force, ſuivant le principe de la décompoſition du mouvement découvert par Galilée & par Deſcartes, eſt décompoſée en deux actions, l'une dans un ſens parallèle, l'autre dans un ſens perpendiculaire à la ſurface. La premiere n'eſt point détruite par le choc; elle ſubſiſte comme celle d'un corps qui rouleroit ſur cette ſurface : la ſeconde, celle qui agit perpendiculairement, eſt détruite, mais elle eſt auſſi-tôt reſtituée par le reſſort; & le corps recompoſant ſon mouvement de ces deux

(*a*) Hiſt. des Math. Tome II, p. 181.

(*b*) Dioptrique, Diſc. II.

actions, l'une conservée dans le sens parallèle, l'autre restituée dans le sens perpendiculaire, au moment du choc même, se releve obliquement, & sous un angle de réflexion égal à celui d'incidence.

Descartes, passant de ce phénomène à celui de la réfraction, avoit observé que la lumiere semble se mouvoir dans un milieu, tel que le verre & l'eau, avec plus de facilité que dans un milieu moins dense, tel que l'air, puisqu'elle s'infléchit en y entrant, comme si elle vouloit y pénétrer plutôt & plus avant. Il semble donc qu'au moment du passage il y ait augmentation de mouvement & de vîtesse. Il suppose qu'en touchant à la surface réfringente, elle reçoit une nouvelle action, comme feroit celle d'un coup de raquete sur un corps déjà en mouvement. Descartes, par la maniere dont il établit le changement de direction, attribue toute cette action au sens perpendiculaire ; & d'après l'explication précédente de la réfraction des corps, on voit que l'action parallèle étant conservée sans altération, le rayon doit s'infléchir en s'approchant de la perpendiculaire, puisque dans un parallélogramme dont la hauteur reste la même, si on élargit la base, l'angle de la diagonale avec cette base diminuera, & la diagonale s'infléchira pour s'en approcher.

§. XV.

Ce qu'il y a de remarquable dans cette explication, c'est que si on substitue à la facilité de pénétration dans un milieu plus dense, l'attraction de ce milieu, qui est en effet proportionnelle à sa densité, on trouve que Descartes a très-bien décrit les effets. Au moment où la lumiere approche & joint ce milieu, elle acquiert un surcroît de mouvement, de vîtesse, par l'attraction qu'elle en éprouve, & ce surcroît de mouvement

eſt tout entier dans le ſens perpendiculaire. Mais cette facilité de la lumiere pour pénétrer les milieux les plus denſes, plus grande dans l'eau que dans l'air, & plus grande encore dans le verre que dans l'eau, cette cauſe occulte & incompréhenſible fut long-tems combattue, juſqu'à ce que Newton eût donné la véritable cauſe de ces effets ſinguliers, & montré que cette prétendue facilité naiſſoit de l'augmentation de force. Fermat, habile géometre, Hobbe, célebre par une philoſophie dangereuſe & hardie, s'éleverent contre cette facilité de la tranſmiſſion de la lumiere dans les milieux denſes. Fermat céda à la fin, mais il ne fut pas convaincu; & il faut convenir qu'il eſt difficile de l'être par une explication entierement fondée ſur un principe occulte.

§. XVI.

DESCARTES cherchoit trop à multiplier les applications, & les uſages de la géométrie, pour ne pas appliquer ſes lumieres à la pratique & à la perfection de l'optique. Ce n'eſt qu'à cette condition qu'il permettoit de s'appliquer à la géométrie abſtraite (*a*). Il médita ſur les propriétés, ſur les effets des verres lenticulaires; l'image qui ſe peint à leur foyer paroît plus nette & plus lumineuſe, parce qu'il s'y réunit plus de rayons, que l'étendue de notre œil nu n'en peut embraſſer & recevoir. Le rayon, qui ſe préſente perpendiculairement au milieu du verre, paſſe droit ſans ſe détourner; nous l'appellerons *l'axe du verre*. Les deux rayons pris à ſes côtés, s'infléchiſſent, & vont ſe réunir à quelque diſtance du verre, dans un point de ſon axe; chaque paire de rayons pris ainſi de part & d'autre, s'infléchit davantage; ils ſe réuniſſent dans le même axe,

(*a*) Vie de Deſcartes, p. 151.

infiniment près des premiers, & successivement tous les rayons transmis par la surface du verre, s'assemblent dans un très-petit espace nommé *le foyer*. Dans cet espace il se forme une suite de petites images, placées les unes devant les autres, que l'on ne peut distinguer séparément, & qui concourent toutes à la distinction de la vue : mais elles y contribuent d'autant plus qu'elles sont plus près les unes des autres ; & si elles pouvoient être serrées, réunies en un seul point, on auroit la plus grande netteté possible. Descartes voyant que la figure circulaire donnée aux verres, ne procuroit pas cette réunion parfaite, chercha par la géométrie quelle seroit la courbure qu'il falloit leur faire prendre ; il trouva que des surfaces auxquelles on donneroit une forme elliptique ou hyperbolique, réuniroient exactement tous les rayons dans un de leurs foyers : ce foyer ne seroit donc exactement qu'un point (*a*). Descartes remédioit, du moins dans la théorie, à cet inconvénient des courbures circulaires de donner au foyer une certaine étendue qu'on nomme *l'aberration de sphéricité*. Mais outre que cette aberration est le moindre des défauts qui ont borné long-tems les progrès de l'optique, il étoit très-difficile de faire prendre exactement cette forme d'ellypse ou d'hyperbole aux verres optiques ; à Paris un fabricateur d'instrumens, nommé Ferrier, dirigé par Descartes, ne put jamais y réussir ; des artistes Hollandois y échouerent.

On travaille les verres optiques en frottant par un mouvement en rond un petit verre plan sur un plus grand ; on place entre deux, pour les user, une poudre de mine de fer très-dure, nommée *émeril :* le petit verre prend une forme convexe, en donnant au plus grand une forme concave ; mais le frottement

(*a*) Dioptrique, Discours VIII.

circulaire, toujours le même, les rend toutes deux ſphériques & ſemblables. Comme la courbure elliptique & hyperbolique n'eſt pas ſi ſimple que celle du cercle, il faut un mouvement ſans ceſſe varié; ce mouvement ne peut être imprimé que par une machine, & il faut qu'elle ſoit compliquée (a). Quoique le mouvement circulaire ſoit plus ſimple, on n'emploie gueres les machines pour tailler les verres ſphériques, le mouvement machinal de la main en rond paroît préférable; l'homme, quand il ſe dépouille de la penſée, quand il daigne ſe plier à la routine & à l'habitude mécanique, eſt à la longue la meilleure & la plus exacte des machines. Deſcartes ſe vit donc obligé, comme ceux qui l'ont tenté depuis lui (b), de renoncer à ſes eſpérances. Elles étoient grandes, car il penſoit que ces verres auroient pu faire découvrir les plus petits objets dans la lune, & des objets tels que des animaux, ſi cette planete en contient réellement (c); il appeloit l'optique *la ſcience des miracles* (d). Quoique l'art des lunettes ne nous ait pas fait voir d'animaux dans la lune, & ſoit loin de nous en donner l'eſpérance; ces paroles ſont une eſpece de prophétie, il ſemble qu'il ait deviné nos progrès, & ceux qu'on peut faire encore.

§. XVII.

DESCARTES voyagea beaucoup, & dans toute l'Europe, mais ſi, comme Ulyſſe, il a vu tant de villes & tant de peuples divers, il paroît que ce fut plutôt pour connoître les hommes, pour les obſerver comme on obſerve les plantes & les minéraux, que pour s'inſtruire avec eux. Deſcartes étoit un profond penſeur, il a paſſé ſa vie dans la ſolitude; ſeul par une retraite

(a) Dioptrique, Diſcours X.

(b) Hiſtoire des Mathématiques, T. II, p. 200.

(c) Lettre de Deſcartes à M. Ferrier, T. VI, p. 406.

(d) *Ibid.* p. 411.

entiere

entiere, que le mystere rendoit souvent inaccessible, & seul dans la société, même par la taciturnité. L'habitude de la méditation, ce penchant à la rêverie, qui n'est qu'une maniere d'isoler l'ame de toute impression physique, l'ont accoutumé à se séparer des humains. Il revenoit aux hommes pour exposer ses idées; il souffroit volontiers, il cherchoit même les objections; mais pour fortifier les parties foibles de ses opinions, & non pour amalgamer celles des autres avec les siennes. Venu dans un siecle où les sciences étoient peu avancées, il se persuada trop qu'on n'avoit encore rien découvert; entouré d'une philosophie ridicule, il crut qu'il falloit tout détruire avec elle. Dans un siecle où on cherchoit, où on commençoit à voir, il vit mal la nature, parce qu'il voulut la voir seul, parce qu'il voulut la voir toute entiere. Il ne négligea cependant pas les expériences; il élevoit des plantes pour les étudier, il disséquoit des animaux pour approfondir leur essence. Descartes ne se proposoit pas moins que d'associer les mathématiques à la médecine. L'étude des sciences, la philosophie, ne trouvoient grace devant lui que par leur utilité. L'homme n'a qu'un petit tems sur la terre, il y vit peu, il y languit souvent par la maladie; quel but plus digne de ses efforts que celui de prolonger ce tems, & d'en assurer la jouissance par la santé. Les desseins de Descartes échouerent par leur grandeur; l'idée magnifique de l'union des sciences encore peu connues, cette idée, trop tôt conçue le perdit: il ne vit dans tous les mouvemens que des tourbillons, qui s'écroulerent bientôt par les travaux de ses successeurs, comme la philosophie d'Aristote écroulée par ses mains. Il ne vit dans les animaux, doués de tant d'instincts, & pourvus de tant d'organes, que des machines mécaniques, comme ses tourbillons. Ses connoissances en médecine lui furent nuisibles à lui-même, au lieu de lui être utiles;

attaqué d'une maladie grave, il refusa tous les remedes qu'il n'indiquoit pas, il s'en prescrivit qui lui étoient contraires; & il perdit la vie, comme il avoit perdu une partie de son tems & de son génie par trop d'attachement à ses opinions. C'est envain qu'on est élevé par le génie, un homme ne peut ni tout voir, ni tout exécuter. Les grandes villes se sont bâties, les empires se sont étendus par les travaux & les efforts des générations, les arts s'accroissent avec elles, les vérités des sciences sont le dépôt des siecles, le produit du concours des idées, la morale est le résultat d'une antique & longue expérience. L'homme habile n'aura jamais de succès, s'il veut tout détruire dans les sciences & tout réédifier à lui seul; comme il ne sera jamais heureux s'il abandonne la sagesse de ses peres pour ne suivre que la sienne.

§. XVIII.

Malgré le juste sentiment de son élévation, & l'opinion peut-être un peu exagérée de sa force, Descartes eut un caractere doux, un esprit sage, & c'est un grand éloge pour l'homme qui a vécu seul; c'est du moins le caractere naturel, il n'a pas été réduit ainsi par des résistances éprouvées. Descartes, décidé à renverser l'ancienne philosophie, ne l'attaqua pas ouvertement, il la laissa subsister en en proposant une nouvelle, & il crut que la masure seroit bientôt laissée déserte pour le palais qu'il élevoit auprès d'elle. » Pourquoi, disoit-il » à Regius son disciple, rejetez-vous publiquement les *qualités réelles* & les *formes substantielles*, si cheres aux scolastiques : j'ai déclaré que je ne prétendois pas les nier, mais » que je n'en avois pas besoin pour expliquer mes pensées (*a*).»

(*a*) Traité des météores, Discours I. Vie de Descartes, p. 237.

C'eſt avec cette adreſſe que Deſcartes propoſoit la vérité ; il vouloit réformer les idées, ſans avoir à combattre l'orgueil. La raiſon n'a d'empire que lorſqu'elle eſt univerſellement reconnue, elle ne peut monter ſur ſon trône que par la douceur. Il eſt peu ſage d'annoncer qu'on vient faire oublier aux hommes tout ce qu'ils ont appris, tout ce qui fonde leur amour propre; c'eſt leur ôter leur exiſtence d'hommes, & preſque les réduire à la claſſe de l'enfance. Les eſprits ſe révoltent, les perſécutions éclatent, l'entrepriſe eſt au moins manquée ; le monde reſte encore un tems comme il eſt, & l'on a perdu ſes efforts pour la gloire & pour la vérité.

§. XIX.

Aussi Deſcartes a-t-il joui de ſa réputation pendant ſa vie ; ſes opinions ſe répandirent ſous ſes yeux ; elles furent attaquées, mais elles furent défendues, on les profeſſa publiquement dans les chaires, & il vit commencer ſon empire, qui a duré près d'un ſiecle. S'il ne vécut point dans ſon pays, ce n'eſt pas qu'on ait manqué de lui rendre juſtice ; il eut des penſions, le cardinal de Richelieu lui offrit au nom du Roi des emplois importans (*a*) ; mais il craignit l'eſclavage des honneurs & des dignités. Accoutumé à vivre ſeul, à ne dépendre que de ſes goûts, il craignit la gêne des bienſéances & des devoirs ; & ſur-tout la comparaiſon du génie avec la fortune, où le génie ſe compromet toujours. Il ne voulut point quitter ſa retraite, où il étoit un grand homme, pour la Cour où il eût été un homme ordinaire. Cependant il eut des diſciples illuſtres ; c'eſt lui qui dirigea les études, qui cultiva l'eſprit d'Eliſabeth, Princeſſe Palatine. Chriſtine, encore ſur le trône

(*a*) Vie de Deſcartes, p. 207, 297.

de Suede, voulut l'entendre; il en coûta cher au philoſophe pour le ſacrifice d'un moment de ſa liberté; ce qu'il avoit craint lui fut en effet fatal. A la Cour les affaires doivent tout ordonner; l'heure des entretiens fut réglé ſur les devoirs de Chriſtine plutôt que ſur le régime de Deſcartes; il n'oſa point dire qu'il étoit né d'une complexion foible, rendue plus délicate encore par l'habitude de méditer le matin dans ſon lit: il en ſortoit, il ſe rendoit au palais tous les jours à cinq heures, malgré la rigueur de la ſaiſon & du climat; une fluxion de poitrine finit ſes jours & ſes travaux le 11 Février 1650. La Reine, cauſe innocente de ſa mort, pleura ſon illuſtre maître (*a*), & le regretta comme une femme forte qui eſtimoit la philoſophie, & qui devoit abdiquer un trône pour elle. En France, où le corps a été tranſporté, l'amitié a placé le buſte de Deſcartes ſur ſon tombeau, avec une inſcription (*b*). Le Roi & ſon Miniſtre éclairé (*c*) viennent de lui ériger une ſtatue. Chriſtine vouloit élever un magnifique monument qui rendît ſon eſtime éternelle, ſon abdication ne le lui permit pas. Un de ſes ſucceſſeurs remplit ſes vues, Guſtave III, aujourd'hui régnant, digne de ce nom déjà deux fois célebre, fait conſtruire un mauſolée à Deſcartes dans la Suede, où ſes cendres ne ſont plus. Mais ſa mémoire y ſubſiſte, & le ſouverain prouve par ces honneurs que les grands hommes appartiennent à tous les pays, & ſur-tout aux princes qui ſavent les eſtimer.

§. XX.

Si le tems a ôté beaucoup de choſes à Deſcartes, ſi nous oſons dire qu'il n'auroit pas dû inventer ſes tourbillons dans

(*a*) Vie de Deſcartes, p. 331.

(*b*) M. Dalibert, tréſorier de France, fit rapporter le corps à ſes frais, en 1666, & le fit enterrer à Ste. Genevieve, *ibid.* p. 334.

(*c*) M. le comte d'Angiviller, Directeur général des bâtimens.

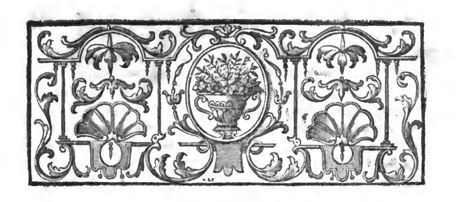
un ſiecle où Képler lui-même les avoit jugés inſuffiſans (*a*); nous croyons qu'il lui reſte aſſez de gloire pour juſtifier ce long article. Ce n'eſt pas parce qu'il eſt François, nous penſons avoir fait une juſtice aſſez rigoureuſe. Mais Deſcartes eut un génie vaſte & une grande force de tête ; s'il a produit des erreurs, il rangea parmi les vérités l'hypothèſe de Copernic (*b*); & ſans en être martyr, comme Galilée, il a peut-être autant contribué que lui à la faire admettre. Ses ouvrages philoſophiques, à la portée d'un plus grand nombre de lecteurs, familiariſerent les eſprits avec cette idée; ils ſont l'époque de l'admiſſion preſque générale du vrai ſyſtême du monde. Deſcartes a mérité de l'aſtronomie pour avoir découvert la force centrifuge; c'eſt une pierre marquée de ſon ſceau, & laiſſée pour la conſtruction du monde. Il a beaucoup avancé la géométrie; jointe à l'algebre, elle devient un inſtrument pour des recherches profondes. Mais ce qui le rend encore plus recommandable, c'eſt ſon influence ſur les ſiecles; nous devons le dire, car en traçant les progrès de l'aſtronomie, nous faiſons l'hiſtoire de l'eſprit humain : l'homme ne ſe feroit pas tranſporté ſi loin dans l'eſpace, il n'auroit pu demander compte aux aſtres de leurs loix & des détails de leurs mouvemens, s'il n'avoit pas lui-même perfectionné ſa raiſon pour dominer ſur l'univers. Et qui l'a perfectionnée, cette raiſon, ſi ce n'eſt Deſcartes, qui a dédaigné le jargon des écoles, qui a voulu des idées à la place des mots, qui a marqué l'évidence pour le caractere de la vérité, qui enfin, en établiſſant une connexion & une dépendance néceſſaires entre les principes & les conſé-

(*a*) Képler avoit dooné pour une cauſe des mouvemens des planetes, la rotation du ſoleil, les tourbillons oe ſoot daos le fond que cette rotation, étendue comme Képler le penſoit, dans toute la ſphere du ſoleil. Mais Képler avoit vu qu'il falloit y ajouter la vertu magnétique. Il entrevoyoit dès-lors qu'il falloit deux cauſes, & Deſcartes a cru faire aſſez d'en établir une.

(*b*) Principes de la phil. Part. III.

quences, nous a appris à raiſonner, comme nous marchons, pas à pas, & nous a mis en état de marcher ſeuls, mieux que lui, de voir ſes fautes, & de le juger lui-même! En revendiquant cette gloire pour Deſcartes, les nations étrangeres ne nous accuſeront point de prévention nationale, cette premiere gloire appartient en effet à la France. L'Allemagne & l'Italie ont aſſez fait juſqu'ici, il reſte beaucoup à faire à l'Angleterre; & comme nous avons blâmé Deſcartes d'avoir trop préſumé de ſoi dans ſa vaſte entrepriſe, il ne faut pas non plus qu'un ſiecle, ni qu'un peuple préſume trop de lui-même. Les dunes s'élevent ſur le bord de la mer par le tribut des ondes; la ſuite des ſiecles & le concours des peuples formeront dans tous les tems la maſſe de nos lumieres.





HISTOIRE
DE
L'ASTRONOMIE MODERNE.

LIVRE CINQUIEME.

De Bouillaud, d'Hévélius, de Huygens & de quelques autres Astronômes.

§. PREMIER.

Les grandes vues de Descartes furent une occasion de progrès & une source de lumieres. On a beau s'élever contre les systêmes, c'est par eux que nous avançons, c'est par eux que les pas sont doublés dans la carriere des sciences; il en naît souvent des guerres, mais dans l'histoire de l'humanité, c'est le seul cas où les guerres soient utiles. Les esprits, en se heurtant, produisent des étincelles, qui éclairent les combattans. On observe, on raisonne, soit pour attaquer, soit pour défendre;

les obſervations s'accumulent, & la raiſon ſe perfectionne. Le Cartéſianiſme n'exiſta jamais ſans combattre, d'abord contre les ſectateurs de l'ancienne philoſophie qui ſe battirent juſqu'à leur extinction; enſuite contre les partiſans de Newton & de la vérité. On ſe livra de toutes parts à l'obſervation & à l'expérience, ſoit qu'on eût ſenti que les faits avoient manqué à Deſcartes, & qu'il pouvoit s'être perdu en voguant ſur une mer trop peu connue, ſoit que le beſoin commande toujours, & que dans les tems les eſprits ſe portent d'eux-mêmes vers les connoiſſances alors néceſſaires. Les obſervatoires s'éleverent dans l'Europe; le téleſcope dirigé par Galilée, avoit ouvert le livre du ciel, tout le monde s'empreſſa d'y lire. Bouillaud obſervoit à Paris dès 1633 (*a*); Hévélius à Dantzic en 1641; la tour de Coppenhague fut achevée en 1656; Abdias Trew en 1657, conſtruiſit à Altorf un obſervatoire meublé de grands inſtrumens (*b*).

Des idées ſaines, ou plus généralement adoptées, l'affermiſſement dans les vrais principes, furent encore un effet de la raiſon développée. Ce développement étoit ſenſible par le diſcrédit de l'aſtrologie. Le P. de Billy annonça la fin prochaine de cette ſuperſtition dans ſon ouvrage intitulé *Tombeau de l'aſtrologie judiciaire*. En Angleterre Jean Newton, Seth-ward, Stréet (*c*), en France le comte de Pagan, & Bouillaud qui les avoit même précédés, rendoient un hommage public au ſyſtême de Copernic & aux formes elliptiques de Képler; Bouillaud, qui donna à cette aſtronomie le nom de *Philolaïque*, le nom de ſon premier auteur, ou du moins celui du philoſophe qui tranſporta jadis en Europe cette ancienne vérité de l'Aſie.

(*a*) Riccioli, Almag. Tom. I, p. 251.

(*b*) Weidler, p. 498.

(*c*) *Ibid.*

§. II.

§. II.

Ismael Bouillaud naquit à Loudun en 1605 (*a*); il fut d'abord protestant, ensuite catholique & prêtre : ses connoissances étoient très-étendues, elles embrassoient la théologie, le droit, l'histoire, les belles-lettres, & enfin l'astronomie. Après avoir voyagé long-tems, il se fixa à Paris; c'est là qu'il publia en 1639 une dissertation intitulée *Philolaüs*, sur le vrai systême du monde; puis en 1645 l'astronomie philolaïque, qui est composée dans la même vue de développer, d'affermir les idées de Copernic & de Képler, mais où elles sont revêtues de toutes les preuves astronomiques. Le grand savoir, l'érudition historique de Bouillaud lui fut utile; il trouva dans la bibliotheque du Roi des observations anciennes & peu connues, telles que celles de Thius (*b*), qu'il compara aux observations modernes, pour en tirer les moyens mouvemens. Il fit usage peut-être le premier de l'astronomie étrangere & asiatique, la mere de toutes les autres; il fit connoître les Tables des anciens Perses, & leur exactitude.

En adoptant les routes elliptiques que Képler donne aux planetes, il adopta aussi l'idée d'Albert Curtius (*c*), qui suppose que les planetes, mues inégalement autour du foyer où le soleil est placé, se meuvent uniformément autour de l'autre. Cette supposition donnoit plus de facilité pour calculer l'inégalité des planetes. Le problême est difficile, il n'a pas été résolu directement par Képler (*d*), & avant que le

(*a*) Il est mort à Paris en 1694.

(*b*) *Suprà*, Tome I, p. 107 & 575.

(*c*) *Suprà*, p. 144.

(*d*) Képler ne résolvoit ce problême qu'en supposant l'anomalie vraie, pour trouver l'anomalie moyenne. C'est l'anomalie moyenne qui est réellement donnée par le tems; mais par la méthode des fausses positions, on parvient facilement à trouver l'anomalie vraie, qui répond à cette anomalie moyenne donnée. M. de la Lande, *Astr.* art. 1238.

calcul intégral en eût donné une solution directe par approximation (*a*), on préféroit cette hypothèse nommée *hypothèse elliptique simple.* Bouillaud la conçut d'une maniere fort ingénieuse. On sait que si l'on coupe un cône, suivant une certaine inclinaison à l'axe, le contour de la section sera une ellipse. Bouillaud imagine une section, telle que l'un des foyers de l'ellipse, celui autour duquel le mouvement est égal, se trouve dans cet axe. Il en résulte que quelle que soit l'inégalité de la marche des planetes dans leur orbite elliptique, un œil placé au sommet du cône, au terme de l'axe autour duquel les mouvemens sont uniformes, voyant cette orbite de côté, rapporteroit tous ces mouvemens dans la base circulaire du cône, & les verroit s'accomplir uniformément dans un cercle (*b*). On voit encore ici des restes marqués de l'attachement à l'uniformité & aux formes circulaires; on vouloit toujours les trouver quelque part. C'est que parmi les hommes l'esprit de tous est semblable à l'esprit d'un seul. L'espece humaine, prise en masse depuis son origine, est attachée aux idées de sa jeunesse, comme en particulier nous le sommes aux instructions premieres, & aux préjugés de l'éducation.

§. III.

M. DE MONTUCLA (*c*) a remarqué qu'un grand nombre d'astronômes célebres de ce tems, tels que Bouillaud, Riccioli,

---

(*a*) Ce problême a été résolu par Wren, Newton, Keil, Gregori, Herman, Simpson, Horrebow, Cassini. Mais les géometres pensent que la plus satisfaisante de toutes les solutions est celle que le célebre M. de la Grange a donnée récemment dans les Mémoires de l'Académie de Berlin pour 1769.

(*b*) *Voyez* la figure 11 : si le corps décrit l'ellipse GHIK, dont le foyer F est dans l'axe du cône ABP, l'œil placé en P verra le corps décrire le cercle ADBE, & uniformément, puisqu'autour du point F les mouvemens sont uniformes.

(*c*) Histoire des Mathématiques, T. II, p. 254.

lisoient Képler & ne l'entendoient pas. On ne connoissoit de ses loix que celle qui fait marcher les planetes dans une ellipse; les autres étoient oubliées. Riccioli, ni Bouillaud, ne parlent point de la loi des aires décrites autour du foyer, & proportionnelles aux tems. C'est donc envain qu'on découvre des vérités; on parle à ses contemporains, ils n'écoutent pas. La supposition d'Albert Curtius étoit plus facilement saisie, parce qu'elle se rapprochoit de celle de Ptolémée; le second foyer, qui voit la planete se mouvoir uniformément, ressembloit au centre de l'*équant* de Ptolémée. Ces idées anciennes revenoient si facilement que Bouillaud après avoir adopté la route elliptique, décrit cette route par la combinaison de deux mouvemens, l'un de la planete dans un épicycle, l'autre de l'épicycle sur un excentrique. Il semble n'être d'accord avec Képler que pour les apparences, & dans le fait il conservoit toute la complication des vieilles hypothèses. Bouillaud, sans avoir compris ce grand homme, osoit cependant le censurer, & lui reprocher de passer de la géometrie à la physique, comme de la lumiere aux ténebres; & lui-même Bouillaud avec ses constructions géométriques, également idéales & fausses, croyoit avoir produit une hypothèse physique. La véritable lumiere est la cause réelle & sensible qui fonde ces constructions, sans quoi l'esprit n'y voit que son ouvrage, mais la nature n'y est pas.

§. IV.

SETH-WARD, astronôme Anglois, professeur à Oxford, dans un traité où il établit la perpétuité des cometes, critiqua en 1653 la méthode de Bouillaud, & en donna une autre fort simple en 1656. Bouillaud fit voir en 1657 que la méthode de Ward ne convenoit qu'aux planetes peu excentriques, &

quelle ne représentoit pas bien les observations de Mars faites par Tycho. Les Anglois donnent à cette hypothèse le nom de *Ward* (a), quoique Bouillaud l'ait précédé de huit ans, mais l'idée n'en appartient ni à l'un ni à l'autre, elle est due à Albert Curtius. Au reste la pratique en est aujourd'hui abandonnée, parce qu'on ne fait usage que de la méthode directe de Newton par approximation, ou de la méthode indirecte de fausse position.

Bouillaud tenta d'expliquer les trois principales inégalités de la lune, & d'une maniere qui ressemble beaucoup à celle qui a été imaginée par Horrox. Cette invention n'étoit pas alors publiée; sans doute Bouillaud ne la connoissoit pas. Dans le cas où la premiere inégalité subsiste seule, Bouillaud conserve l'hypothèse de Képler, l'hypothèse générale des planetes, la terre est placée au foyer de l'ellipse. Mais pour rendre compte de la seconde inégalité, il suppose que ce foyer quitte la terre & décrit un certain circuit, au moyen de quoi ce foyer & le centre de l'ellipse s'éloignent de la terre, & cette distance du centre, qui dans le premier cas produisoit une équation de 5°, en produit ici une de 7° 40', comme quelquefois elle a lieu dans les quadratures; mais cette hypothèse ne vaut pas celle d'Horrox. Bouillaud s'écartoit ici de la théorie de Képler, qui établit que la terre reste constamment au foyer de l'ellipse de la lune, comme le soleil au foyer des ellipses des planetes. Horrox avoit respecté ce principe fondamental; dans son hypothèse, c'est le centre de l'ellipse qui s'éloigne de la terre. Or que suppose ce changement de la distance du foyer au centre? Il suppose une altération dans la courbe décrite; ce n'est plus la même ellipse, elle est plus ou moins

(a) M. de la Lande, *Astr.* art. 1253. Institutions astronom. p. 507.

aplatie. Képler attribuoit ces dérangemens au soleil ; on peut concevoir que par son influence active il modifie la route de la lune autour de la terre ; & on verra qu'Horrox, doué d'une pénétration peu commune, n'étoit pas loin de la vérité.

Quant à la troisieme inégalité, que Tycho expliquoit par un mouvement du centre de l'épicycle le long de son diametre (*a*), & Vendelinus par un balancement semblable à celui d'un pendule (*b*), Bouillaud ne s'éloigne pas beaucoup de ces idées ; il suppose que la ligne des absides se meut parallèlement à elle-même dans une petite étendue limitée, ce qui produit le même effet que le balancement de Tycho & de Vendelinus. Bouillaud ne se contentoit pas d'avoir fait sortir la terre du foyer de l'ellipse, il la faisoit encore sortir de la ligne des absides. En conservant l'ellipticité des routes planétaires, c'étoit renverser entiérement la théorie de Képler ; mais il faut convenir que les trois inégalités de la lune offroient de grandes difficultés, & paroissoient inexplicables.

§. V.

L'ANGLETERRE avoit alors Thomas Street, Rook, Vincent Wing, & Nicolas Mercator. Rook (*c*), professeur d'astronomie au college de Gresham, a, dit-on, contribué à l'établissement de la Société royale de Londres ; il fut un des premiers, qui observerent exactement les immersions & les émersions des satellites de Jupiter. Wing fit une astronomie britannique où la théorie des planetes est développée, suivant l'hypothèse de Copernic, & accompagée de Tables nouvelles. Street donna

(*a*) *Suprà*, Tom. I, p. 409.

(*b*) *Suprà*, p. 158.

(*c*) Rook, né en 1621, & mort en 1662.

en 1661 ſes Tables *Carolines*, dont les aſtronomes ſe ſont long-tems ſervis. Elles étoient calculées, ainſi que celles de Wing, ſur l'hypothèſe de Bouillaud & de Seth-ward, où les planetes ſe meuvent uniformément autour d'un foyer, tandis que le ſoleil eſt à l'autre. M. Halley lui a rendu la juſtice, que les Tables de Mercure étoient les plus exactes qui euſſent encore paru, malgré le petit nombre des obſervations de cet aſtre, ſi difficile à voir avant l'invention des lunetes (*a*). Quoique les tems ſoient un peu différens, nous réuniſſons les matieres du même genre. Mercator donna en 1676 ſes inſtitutions aſtronomiques; ce livre a le même objet que l'Almageſte de Riccioli (*b*). Mercator emploie encore l'hypothèſe de Bouillaud; cependant comme elle ne ſatisfait pas tout-à-fait aux obſervations, s'appercevant que les planetes ne ſe meuvent pas uniformément autour d'un des foyers, il partagea, ſuivant une certaine raiſon, la diſtance entre le foyer & le centre de l'ellipſe; il décora cette ſection du nom de *divine*, & le point fictif qu'elle lui indiqua fut, ſelon lui, le centre des mouvemens égaux & uniformes. Mais depuis trop long-tems l'aſtronomie avoit adopté des cercles & des centres imaginaires; toutes ces chimeres vont bientôt diſparoître, & nous n'aurons plus que des corps réels, marchant viſiblement dans l'eſpace, & autour d'un autre corps, qui les maîtriſe par ſon exiſtence.

§. VI.

ALBERT LINNEMANN (*c*), profeſſeur de mathématiques à Konisberg, défendit le ſyſtême de Copernic, & publia un recueil d'obſervations (*d*); mais il contribua en quelque choſe aux

(*a*) Halley, *in præf. catalogi ſtellar. auſtr.*
(*b*) Tranſ. phil. 1676, N°. 125.
(*c*) Né en 1605, mort en 1655.
(*d*) Weidler, p. 480.

progrès des connoiſſances, & nous devons le citer particuliérement pour avoir eu la vraie notion des réfractions. Il conſidéra l'eſpace entre les étoiles, les planetes & nous comme un milieu où l'éther ſuccédoit à notre air. Mais aux confins de notre atmoſphere, où notre air commence, réſide un air très-ſubtil qui differe peu de l'éther; cet air s'épaiſſit en deſcendant vers nous, & de couche en couche juſqu'à celle où nous reſpirons, qui eſt la plus denſe de toutes. On connoiſſoit dès-lors que l'air eſt un fluide matériel & peſant, comme tous les corps; ſa peſanteur ſoupçonnée par Deſcartes, avoit été découverte par Torricelli, & confirmée par l'expérience de Paſcal (*a*). Il eſt naturel que les couches inférieures, chargées du poids de toutes les autres, ſoient plus ſerrées, plus compactes, & contiennent plus de la matiere de l'air dans un moindre eſpace; la denſité diminue graduellement dans la hauteur de l'atmoſphere. Il faut avouer que quelques anciens, & particuliérement l'Arabe Alhazen (*b*), ont eu cette idée de l'air & de la cauſe des réfractions. Mais Tycho & les aſtronômes modernes s'en étoient écartés; ils croyoient que les vapeurs, les exhalaiſons de la terre contribuoient aux réfractions, bornées à quelques diſtances de l'horizon. Non ſeulement Linnemann a rappelé la vraie cauſe, mais voici ce qu'il a vu de plus : c'eſt que la lumiere ſe rompant, ſe détournant en paſſant d'un milieu dans un milieu plus denſe, doit ſe détourner à chaque pas dans notre atmoſphere, puiſqu'elle rencontre à chaque pas des couches de plus en plus épaiſſes : elle ne nous vient donc pas en ligne droite, mais ſuivant une courbe, qui lui parut devoir être une des ſections coniques (*c*).

(*a*) Hiſt. des Math. T. I, p. 282.
(*b*) *Suprà*, Tom. , p. 239.

(*c*) Hévélius *Selenographia*, pag. 396.

§. VII.

Michel Langrenus d'Anvers, mathématicien de Philippe IV, Roi d'Espagne, se distingua par une observation particuliere des taches de la lune; il eut en 1644 l'idée ingénieuse de les faire servir à la recherche des longitudes terrestres & marines (a). En effet lorsque la lune s'éclipse, elle entre par degrés dans l'ombre de la terre; l'obscurité couvre successivement ses différentes taches, & les abandonne de même; ce sont autant de momens & de signaux qu'on peut saisir. Ces occultations particulieres peuvent servir au même objet que le commencement & la fin de l'éclipse, qui furent indiqués par Hypparque pour déterminer la différence des méridiens. Cette méthode de Langrenus est restée sans usage pour la mer, mais elle a été d'une grande utilité pour multiplier les observations, & pour fixer la position des lieux de la terre où l'on observe les éclipses. Cette méthode demandoit que l'on eût une description, une carte de la lune. Langrenus l'entreprit, mais sa mauvaise fortune, le manque de protecteurs & de secours, une nombreuse famille lui causerent des embarras & des retards qui l'empêcherent de prévénir Hévélius. C'est du moins ce que dit Riccioli (b); car on ne peut aucunement comparer l'ouvrage qu'il promettoit avec celui que nous a donné le célebre astronôme de Dantzic. En fait de science, & même en tout genre, ceux qui ont fait, ont un grand avantage sur ceux qui ont projeté de faire.

§. VIII.

Jean Hévélius (c) naquit à Dantzic le 28 Janvier 1611:

(a) Weidler, p. 479.
(b) Riccioli, Almag. Tom. I, p. XL.
(c) Le véritable nom de cet astronôme étoit Hévelké.

Cruger,

Cruger, professeur de mathématiques, le donna à l'astronomie. Il suivit de près Tycho par le nombre de ses observations, & ce fut le second observateur de l'Europe, si l'on ne compte que les grands noms & les grands travaux. Hévélius voyagea pendant plusieurs années, à son retour il eut part aux affaires de sa république (*a*); mais les fonctions de la magistrature ne le détournerent point de son goût dominant & de sa vocation naturelle. Il étoit né pour contempler le ciel & pour le décrire; c'étoit un homme enrichi par une vaste lecture, assez bon juge des opinions anciennes & modernes, qui les rapprochoit pour les éclairer les unes par les autres. Il entra dans la carriere de l'astronomie avec ces moyens de progrès, mais cependant avec un génie, qui le portoit plus à la pratique qu'aux spéculations de la science. Dès 1641 il fonda un observatoire; il y plaça des instrumens semblables à ceux de Tycho par la grandeur & par l'exactitude. Ces instrumens étoient des sextans & des quarts de cercle de métal, de six, sept, huit pieds & plus de rayon. Quelques-uns étoient divisés de cinq en cinq secondes (*b*), par la division de Vernier que nous avons indiquée (*c*).

§. IX.

Le premier ouvrage par lequel il s'annonça fut la Sélénographie, ou description de la face de la lune & de ses taches. Il eut, comme Langrenus, l'idée de les faire servir à la recherche des longitudes, & il dirigea ses efforts vers cet objet. Galilée avoit vu la lune & ses taches, mais il n'avoit rien décrit, rien détaillé; Hévélius entreprit de dessiner les apparences de

(*a*) Weidler, p. 485.

(*b*) Hévélius, *de motu lunæ libratorio*, p. 44.

(*c*) Histoire de l'Astronomie moderne; Tom. I, p. 369.

la lune, de ses phases, & d'en donner des cartes (*a*). Cette figure étoit importante pour marquer les progrès de l'ombre dans les éclipses de lune. On pouvoit déterminer à quel instant l'ombre touchoit & commençoit à couvrir telle tache; on multiplioit les observations : c'étoit une grande ressource pour les longitudes. Les anciens n'avoient que trois ou quatre instans à marquer dans une éclipse; par cette méthode, on en a presque à volonté : d'ailleurs lorsque les étoiles se cachent derriere la lune, cette connoissance de son globe donne la facilité de désigner les régions, les taches près desquelles l'étoile a disparu & s'est montrée (*b*).

Ce travail étoit difficile, long & pénible. On ne peut voir les taches de la lune à la chambre obscure, comme celles du soleil : il faut les considérer directement dans le télescope; il faut les quitter, les perdre de vue pour les dessiner de mémoire; il faut donc recommencer souvent pour s'assurer de l'exactitude. On ne voit pas la lune entiere dans un télescope qui grossit beaucoup (*c*); il faut assembler, faire accorder les dessins particuliers, pour en faire un plan général. Il est donc nécessaire de veiller bien des nuits & de consumer des années; c'est ainsi que s'exécutent les travaux utiles. Hévélius a poussé l'exactitude jusqu'à vouloir graver lui-même au burin la figure de la lune, afin qu'elle ne fût pas altérée par le graveur (*d*).

§. X.

Il falloit donner des noms à ces taches; il voulut d'abord leur donner le nom des hommes célebres de l'astronomie, mais

(*a*) *Selenographia*, p. 205.
(*b*) *Ibid.* p. 206, 241.
(*c*) *Ibid.* p. 210.
(*d*) *Ibid.* p. 218.

il eut peur de s'attirer la haîne de ceux qui n'y auroient pas de domaine (*a*); il préféra de transporter la terre dans la lune, d'y placer ses villes, ses rivieres, ses provinces & ses mers. La justice, ni l'oubli ne pouvoient lui faire des ennemis. Riccioli osa ce qu'Hévélius n'osoit pas; il a écrit sur la face de la lune les noms qui ont quelque célébrité, & ses dénominations ont prévalu. Les astronômes aimerent mieux y trouver Hypparque, Tycho, Képler, Galilée, que l'Afrique, l'Asie, la mer Méditerranée, la Sicile & le mont Etna. Riccioli impose les grands noms aux points les plus remarquables, & réserve de petits noms pour de petites taches. Riccioli distribuoit dans le globe de notre satellite des terres pour l'immortalité; on voit qu'il n'a pas oublié ses confreres de la société; ils y sont en grand nombre : mais c'est qu'elle a réellement produit beaucoup de savans. Le Pere s'y est placé lui-même à côté de son ami & de son coopérateur le P. Grimaldi; & qui pourroit l'en blâmer? Il a cité des noms moins connus que le sien, des noms honorés par moins d'ouvrages. Ceux de Riccioli ont vécu long-tems, & vivront encore. La vraie modestie, toujours compagne de la justice, doit prendre son rang; on n'ignore pas que nous avons un ressort qui nous éleve souvent trop haut, & la modestie, en se plaçant trop bas, semble s'approcher de l'hypocrisie.

§. XI.

HÉVÉLIUS, qui donne toujours beaucoup plus de choses que ne promet le titre de ses ouvrages, traite dans celui-ci de la théorie de la lune; il préfere les explications de Tycho par des cercles & par des épicycles, à celle de Képler par une

(*a*) *Selenographia*, p. 224.

ellipſe. Ce n'eſt pas qu'il ne crût celle-ci meilleure & plus vraie, mais c'eſt qu'elle étoit difficile, embarraſſée ; elle renfermoit un magnétiſme, qui n'étoit pas clair comme cauſe, & dont les effets n'étoient pas trop calculables ; diſons auſſi que l'hypothèſe de Tycho pour la lune étoit encore plus généralement répandue *(a)*. Quoique Képler eût remplacé Tycho, & l'emportât ſur lui par des inſtitutions meilleures, les penſées de Tycho avoient encore la prépondérance ; & lorſque l'hiſtoire politique nous montre des Rois oubliés ſi vîte pour leurs ſucceſſeurs, l'hiſtoire des ſciences nous montre une influence plus longue ; on a au contraire plus d'empire lorſqu'on n'eſt plus, & le ſucceſſeur immédiat & légitime eſt long-tems à ſe faire reconnoître.

Depuis Galilée, on avoit toujours obſervé que les étoiles, vues dans les lunettes, perdoient leurs rayons, devenoient plus petites, en proportion de la force de ces inſtrumens ; on ne leur appercevoit ni diſque, ni diametre ſenſible. Hévélius crut avoir le moyen de leur en conſerver un, en ſe ſervant d'une lame de métal percée d'un petit trou *(b)*. Mais Huygens penſe que cet effet naît de quelque erreur de la vue, parce qu'en ſe ſervant d'un verre un peu enfumé, on ne les voit que comme des points *(c)*. Il ſemble que l'uſage des diaphragmes *(d)* pour ôter la lumiere ſuperflue, tant de Vénus, de Mercure, que de Mars, ſoit dû à Hévélius. Ces aſtres, ſur-tout les deux premiers, vus dans les lunettes, nous éblouiſſent par leur éclat. Il faut donc leur enlever un excès de lumiere qui fatigue l'organe, & qui empêche de les voir

(a) *Selenographia*, p. 169.
(b) *Ibid.* p. 36.
(c) *Hugenii opera*, p. 540.
(d) Les diaphragmes ſont des anneaux de carton, ou de métal, d'une ouverture moins grande que celle de la lunette, & que l'on applique ſur l'objectif pour en reſſerrer l'ouverture ; & diminuer la quantité de lumiere.

distinctement ; c'est ce que l'on fait en posant sur l'objectif un cercle d'une moindre ouverture.

§. XII.

HÉVÉLIUS ayant cru trouver un moyen de donner un diametre aux étoiles, proposa de le mesurer en le comparant aux taches de la lune (a). Elle en offre en effet de toutes grandeurs ; mais quand même les étoiles auroient un diametre sensible, cette comparaison, qui n'est qu'une estime, & qui se fait de mémoire, n'auroit pas réussi ; elle differe peu de la méthode de Hortensius & ne la vaut pas (b). On revient toujours aux idées qui sont familieres, on les croit propres à tout, parce qu'on les a toujours sous sa main. Hévélius voyoit toute l'astronomie dans la lune, il a en effet épuisé cette matiere & traité dans le plus grand détail, de tout ce qui concerne cette planete. Il remarque que ses éclipses paroissent commencer plus tôt & finir plus tard à l'œil nu que dans les lunettes. Cependant, par un phénomène contraire, leur grandeur semble plus petite à la vue simple. Le premier de ces phénomènes est l'effet de la pénombre, qui n'est qu'une diminution de clarté, & qui est moins sensible lorsque nous augmentons la puissance de notre organe par un instrument. Le second naît de la dilatation de la lumiere sur les parties obscures ; elle diminue l'apparence de la partie éclipsée, & la fait paroître plus petite à l'œil nu ; & comme la quantité de lumiere reçue dans l'œil dépend de l'ouverture de la prunelle, il s'ensuit que jadis les divers astronômes estimoient différemment les tems & la grandeur des éclipses. Les télescopes qui, à même ouverture, donnent la même quantité de lumiere, ont établi plus d'uni-

(a) *Selenographia*, p. 449.

(b) *Suprà*, p. 163.

formité dans les différens résultats (*a*). Hévélius enseigne que les occultations des étoiles par la lune sont les phénomènes les plus propres à la recherche des longitudes. En effet leur disparition instantanée est un signal sur lequel on ne peut pas hésiter, au lieu que les phases d'une éclipse de lune ont toujours un tems de doute & d'incertitude. Ce doute sur le tems produit une erreur sur la différence des longitudes, qui n'est, comme on sait, que la différence des tems où deux observateurs, placés en différens points du globe, ont observé la même phase, ou le même signal.

§. XIII.

HÉVÉLIUS, dans cet ouvrage, discute avec beaucoup de sagacité toutes les opinions anciennes, & détruit des erreurs honteuses, trop long-tems conservées; c'étoit pour le tems une astronomie philosophique. Il établit ici que les cieux ne sont point solides, qu'il n'en existe qu'un seul, ou plutôt un vaste espace rempli d'un fluide infiniment rare (*b*). Le soleil est rond, formé en globe, composé de matieres hétérogènes, sujet à des altérations & à une sorte de corruption, comme la production irréguliere de ses taches semble le prouver (*c*). La lune est un corps opaque, un globe entier dépouillé de toute lumiere propre, & même de transparence. Cette opinion étoit encore contestée (*d*). Hévélius établit que la couleur est dans les corps célestes le caractere de ceux qui luisent par eux-

(*a*) Hévélius, *Selenogr.* p. 151 & suiv.

(*b*) *Ibid.* p. 157.

(*c*) *Ibid.* p. 77.

(*d*) *Ibid.* p. 114.

Hévélius, en établissant son systême sur les apparences de Saturne, & posant pour principe que cette planete est éclairée par le soleil, ajoute que le systême & l'explication de l'anneau n'en seroient pas moins vrais quand Saturne auroit une lumiere propre; (*de Saturni facie*, pag. 3). On n'étoit donc pas bien sûr de la distinction des étoiles, qui ont une lumiere propre, & des planetes, qui toutes ont une lumiere empruntée. On respectoit du moins les partisans de l'opinion contraire.

mêmes. Les étoiles en ont, & ces couleurs ne naiſſent pas dans notre atmoſphere, puiſqu'elles ne ſont pas les mêmes pour toutes les étoiles. Leur ſcintillation & leur couleur ſont donc la preuve d'une lumiere propre & native *(a)*.

La lune n'eſt point un miroir, comme les anciens l'avoient cru. Un miroir renvoie une image dans un point unique; & ſi la lune en étoit un, elle promeneroit ſur la terre pendant la nuit l'image du ſoleil; elle ne ſeroit viſible que par cette image, elle ne le ſeroit qu'un peu de tems, & le ſoleil n'y paroîtroit que comme une petite étoile; mais la lune eſt hériſſée d'aſpérités, elle eſt raboteuſe pour nous renvoyer une lumiere plus étendue *(b)*. C'étoit l'application des mathématiques à la théorie des miroirs, qui permettoit ces concluſions & ces preuves. Hévélius compare les taches claires de la lune aux montagnes, aux plaines, & les taches obſcures aux mers & aux lacs de la terre *(c)*.

§. XIV.

Cet obſervateur ſi exact & ſi attentif, ne conſuma point tant de nuits à conſidérer la lune & ſes taches, ſans obſerver le balancement de ſon globe. Hévélius, par une obſervation aſſidue du phénomène de la libration, completta l'explication commencée par Galilée. Celui-ci avoit connu deux cauſes, l'une qui naît de la parallaxe, l'autre du changement de latitude *(d)*. Hévélius en découvrit une troiſieme, c'eſt le mouvement en longitude.

C'eſt un phénomène reconnu, que la lune nous préſente toujours la même face. Les anciens aſtronômes juſqu'à Copernic

(a) *Selenographia*, p. 38.
(b) *Ibid.* p. 130.
(c) *Ibid.* p. 134, 221.
(d) *Suprà*, p. 133.

découverte par lui en 1654 (*a*); & ce qu'il y a de singulier, c'est que Galilée, en ayant apperçu les effets, les avoit expliqués par la libration en latitude (*b*). Hévélius, faisant le dénombrement des vraies causes, remit ces explications dans leur ordre véritable. Il ajouta à la figure de la lune l'étendue & tous les changemens de la libration en trois sens différens, ce qui n'avoit pas été déterminé avant lui.

§. X V.

La figure bizarre de Saturne, tantôt accompagné d'anses, ou de satellites attachés à son disque, tantôt rond & isolé comme les autres planetes, étoit le tourment des astronômes; on s'épuisoit en conjectures. Hévélius n'osa d'abord décider si Saturne étoit un corps rond ou elliptique, s'il étoit simple ou composé de trois corps; si cette apparence variée étoit durable par des retours périodiques, ou si elle étoit accidentelle, & pour un tems plus ou moins long. Il ne savoit si ces deux satellites, unis à Saturne, se mouvoient autour de lui, ou si c'étoit lui-même qui, par une rotation sur son axe, développât ainsi, sous différens aspects, sa figure irréguliere (*c*). Hévélius se décide enfin pour ce dernier sentiment; il regarde l'apparence de Saturne, revêtu de ses anses, comme sa face naturelle & native (*d*). Il crut de bonne foi que la planete étoit formée de trois corps ou globes séparés; il donne des noms à toutes les figures différentes sous lesquelles cette planete se montre à nous; & après les avoir suivies, ou par lui-même, ou par les observations déjà faites pendant trente années, & dans une révolution de Saturne autour du Soleil, il prononce

(*a*) *De motu lunæ libratorio*, p. 3.
(*b*) M. de la Lande, *Astr.* art. 3178.
(*c*) *De Saturni facie*, p. 2.
(*d*) *Ibid.* p. 13.

que Saturne a un triple corps. Celui du milieu eſt de forme elliptique, les deux autres ne ſont pas non plus des globes ſphériques, ce ſont des lunules, ou des eſpeces de croiſſant, de courbure hyperbolique, attachés invariablement par leurs pointes au corps du milieu, en laiſſant cependant un intervalle ; ils ſont éloignés de ce corps, mais ils ſe meuvent avec lui autour d'un axe, & dans une période, qui eſt égale à celle de la révolution de Saturne autour du Soleil (*a*). Hévélius ſe trompoit ; ſi Saturne avoit eu la forme qu'il lui ſuppoſoit, il n'auroit pu préſenter différentes faces au Soleil, & à la Terre placée près de cet aſtre, qu'en ne tournant point ſur ſon axe. C'eſt parce que la lune tourne ſur elle-même, & préciſément dans un tems égal à ſa révolution périodique, qu'elle nous préſente toujours le même hémiſphere (*b*). L'aſtronôme cherche enſuite à pénétrer la cauſe de cette rotation imaginaire de Saturne, & il la trouve dans la diſpoſition des fibres magnétiques, inventées par Képler, & dans les pôles amis & ennemis, qui s'attirent & ſe repouſſent (*c*). Hévélius conçut une grande joie de cette explication ; il crut la découverte ſi réelle & ſi grande, qu'il penſa devoir l'annoncer avec modeſtie. Il ne prétend pas, dit-il, que les tems de la période & des phaſes ne puiſſent être rectifiés par la poſtérité plus éclairée ; il a cru ſe faire illuſion ; il a douté lui-même s'il tenoit en effet la vraie cauſe des bizarreries de Saturne (*d*). Nous ſavons aujourd'hui, & il ne tarda pas long-tems à ſavoir qu'il avoit raiſon d'en douter, il ne la tenoit pas. Elle devoit paroître dans ce tems même, mais non par lui ; elle étoit réſervée à un homme, citoyen comme lui d'un pays libre, utile par l'invention, comme

(*a*) Hevel. *de Saturni facie*, p. 4 & 5.
(*b*) *Infrà*, Liv. X.
(*c*) *De Saturni facie*, p. 29.
(*d*) *Ibid.* p. 3.

Hévélius le fut par l'amas des faits, obſervateur moins aſſidu, mais qui voyoit mieux en voyant moins.

§. XVI.

Cet homme fut Chriſtian Huygens, ſeigneur de Zuylichem; fils d'un homme éclairé, Conſtantin Huygens, ſecrétaire & conſeiller des Princes d'Orange; il naquit à la Haie le 14 Avril 1629 : envoyé à Leyde en 1645 pour l'étude du droit; il y trouva Schootten, le commentateur de Deſcartes, qui l'introduiſit dans les voies de la géométrie élevée. C'eſt de là qu'il partit pour remplir ſa deſtinée, & pour amener les progrès que les ſciences attendoient de lui.

Nous ne parlerons point des premieres inventions de Huygens; la géométrie n'eſt point de notre objet : nous ne marquons ici que les idées, qui ont concouru à dévoiler les ſecrets de la nature céleſte. Huygens ſentit toute l'importance de la découverte des téleſcopes; l'art de les conſtruire avoit fait peu de progrès, ces inſtrumens ſe multiplioient ſans devenir meilleurs. Hévélius avoit travaillé lui-même des verres, il donna les préceptes de l'art de les tailler & de les polir (a); mais la pratique n'avoit pas ſans doute entrepris d'augmenter leur puiſſance de groſſir, & n'oſoit paſſer une certaine longueur de foyer. Huygens l'oſa; il s'appliqua à la routine mécanique de ce travail, avec le génie qui abrege & perfectionne les opérations. Hévélius ne paroît avoir conſtruit que des téleſcopes de 10 à 15 pieds (b). Huygens en eut bientôt un de douze & un de vingt-deux pieds, qu'il avoit faits lui-même (c). Ce dernier téleſcope, bien

(a) *Selenographia*, p. 1 & ſuiv.
(b) *De Saturni facie*, p. 11.
(c) *Hugenii opera*, pag. 536, 537 & 1724.

ſupérieur à celui de Galilée (*a*), le mit en état de conſidérer avec diſtinction & détail ce qui ne s'étoit offert que confuſément à Galilée ; il voulut revoir tout ce que Galilée avoit vu, pour s'efforcer enſuite à voir plus. Il chercha des ſatellites autour de Vénus, de Mercure & de Mars, & n'en trouva pas ; il n'apperçut autour de Jupiter que quatre ſatellites, malgré la prétention du P. de Rheita. Il obſerva les bandes du diſque de cette planete ; il en vit une obſcure ſur le globe de Mars. Enfin en examinant les étoiles, & en s'aſſurant qu'elles n'avoient point de diametre ſenſible dans les lunettes, il découvrit une nébuleuſe, juſqu'alors inconnue dans le baudrier d'Orion (*b*).

§. XVII.

Ce n'étoit encore que l'eſſai de ſon téleſcope ; il conſidéra la planete de Saturne, & il la vit avec tant de netteté, que ſon imagination ne put y retrouver le vieillard accompagné de ſes écuyers, ni les diſques attachés à un plus grand, ni les lunules hyperboliques d'Hévélius. Il vit une bande lumineuſe qui tenoit au corps de la planete, qui le ceignoit par le milieu comme une écharpe, & qui s'étendoit au dehors pour lui former comme deux anſes (*c*). Plus ce phénomène lui parut ſingulier, plus il jugea néceſſaire d'en ſuivre les variations ou la conſtance. Avec le tems, il vit ces anſes ſe rétrécir, devenir un filet de lumiere, puis enfin diſparoître (*d*). Saturne reſta rond, mais l'obſervateur ne l'abandonnoit pas. Au bout d'un tems les anſes reparurent (*e*), elles s'élargirent de nouveau graduellement, &

(*a*) Le premier groſſiſſoit quarante-huit fois, le ſecond près de cent fois. Le ſecond avoit deux oculaires combinés ; voilà le premier exemple que nous en connoiſſons. *Ibid.* p. 537.

(*b*) *Hugenii opera*, p. 539 & ſuiv.

(*c*) Le 25 Mars 1655. *Ibid.* p. 541.

(*d*) Le 16 Janvier 1656. *Ibid.* p. 544.

(*e*) Le 13 Octobre 1656. *Ibid.* pag. 545.

elles prirent une étendue qui permit de distinguer que des deux côtés du globe de Saturne ces anses renfermoient un espace, un vide à travers lequel on voyoit le ciel & les petites étoiles que le hasard y faisoit rencontrer (*a*). Roberval crut que ces anses, formées en arc, étoient des vapeurs élevées en certains tems de la zône torride de Saturne (*b*). Mais indépendamment du peu de vraisemblance de cette conjecture, pourquoi les autres planetes, plus proches du foyer de la chaleur, ne présentent-elles pas des apparences semblables? Les PP. Fabri, Riccioli ne furent pas plus heureux (*c*).

Voici le compte que Huygens put se rendre de ses observations: puisque cette bande est lumineuse comme Saturne, elle a donc comme lui une masse solide & capable de réfléchir la lumiere. Cependant cette masse ne s'anéantit pas lorsqu'elle disparoît; on ne peut supposer qu'elle change de nature, & qu'elle perd & recouvre périodiquement la capacité de réfléchir les rayons solaires. Il est plus vraisemblable de croire que ces variations viennent de sa figure & de sa position. Huygens (*d*) imagina que cette bande lumineuse étoit une espece d'anneau circulaire, qui enveloppoit Saturne, à une distance partout égale de son globe (*e*). Il faut concevoir qu'il se soutient à la maniere des voûtes; si la terre étoit enveloppée d'une pareille ceinture pierreuse, placée dans son atmosphere, toutes les parties pesantes de cette voûte, sollicitées à tomber vers le centre du globe, s'appuieroient mutuellement par leur courbure, & demeureroient suspendues. Cet anneau, qui a une largeur assez considérable, n'a qu'une épaisseur très-petite; il a une position

(*a*) C'est le Pere de Clarque qui fit cette observation d'une étoile vue entre Saturne & son anneau, *Smith. opt.* p. 440.
M. de la Lande, *Astron.* art. 3229.

(*b*) *Hugenii opera*, p. 56.

(*c*) *Ibid.* p. 560 & suiv.

(*d*) *Ibid.* p. 560 & suiv.

(*e*) *Voyez* la figure 12.

inclinée au plan de l'orbite de Saturne. Ces suppositions simples & ingénieuses suffisent pour expliquer tous les phénomènes. En conséquence du mouvement de Saturne dans son orbe, & du mouvement de la Terre dans le sien, nous changeons continuellement de position à l'égard du plan de cet anneau. Lorsque ce plan prolongé passe par la Terre, nous ne voyons l'anneau que par son épaisseur, qui recevant peu de lumiere, ne nous en renvoie pas assez pour faire impression sur l'organe, l'anneau n'est pas visible. Lorsque la Terre s'éleve au-dessus du plan de cet anneau, on apperçoit un filet de lumiere; à mesure que la Terre monte, ce filet s'élargit, les anses se montrent; & lorsque la Terre est à sa plus grande élévation, on distingue au milieu de ses anses un espace non éclairé; cet espace est le ciel obscur, que l'on apperçoit à travers le vide, laissé par la nature entre l'anneau & le globe de Saturne. Quand la Terre s'abaisse au-dessous du plan de l'anneau, les mêmes apparences ont lieu; la seule différence est qu'on le voit par-dessous au lieu de le voir par dessus. Les mêmes phénomènes naissent encore d'une autre cause qui n'échappa point à Huygens. La situation de Saturne à l'égard du Soleil produit les mêmes changemens que sa situation à l'égard de la Terre. Lorsque le plan prolongé de l'anneau passe par le Soleil, c'est l'épaisseur qui est présentée aux rayons de cet astre; cette épaisseur n'en réfléchit pas assez; l'anneau cesse d'être visible pour nous : & lorsque le Soleil s'éleve ou s'abaisse à l'égard du plan de l'anneau, il l'éclaire par sa largeur, & les anses paroissent avec les mêmes gradations, qui naissent de la position de la Terre, à l'égard de Saturne (*a*).

(*a*) L'inclinaison de l'anneau sur le plan de notre écliptique est de 31° 20'. Les nœuds sont dans 5s 16°, & 11s 16°. M. de la Lande, *Astron.* art 3235, 3237.

§. XVIII.

JAMAIS explication ne fut plus ſimple, plus claire, plus évidente ; auſſi a-t-elle été d'abord adoptée par tous les contemporains, ce qui eſt aſſez rare, & regardée comme une vérité conſtante par leur poſtérité. Le ſeul Pere Fabri, ſous le nom d'Euſtache *de divinis*, s'éleva contr'elle, & malgré ſon évidence, oſa en propoſer une autre ; mais la ſienne ne trouva point de partiſans. L'auteur s'en repentit, & il fut aſſez juſte pour joindre à la fin ſon conſentement à l'applaudiſſement général (*a*). Huygens ne put parvenir à cette explication que par une longue ſuite d'obſervations. Nous croyons le voir les yeux toujours fixés ſur Saturne ; rien de ce qui entoure cette planete, & de ce qui pouvoit être ſaiſi par la puiſſance de ſon téleſcope, ne devoit lui échapper : ſes ſoins pour la découverte de l'anneau lui en valurent une ſeconde ; il apperçut une nouvelle planete, qui eſt un ſatellite de Saturne. Elle tourne autour de lui dans une révolution d'environ ſeize jours (*b*) ; & lorſque Jupiter eſt riche de quatre ſatellites, Saturne ſon vieux pere, détrôné par lui, en a du moins un ; c'eſt le reſte de ſa ſouveraineté & de ſa Cour. Huygens enrichit donc notre ſyſtême, il augmenta le nombre des planetes, mais il penſa que c'étoit la derniere qu'on pût découvrir. Il faut tenir à l'humanité par quelque choſe ; les propriétés myſtérieuſes des nombres n'étoient pas encore hors de mode, Képler les avoit rajeunies, Huygens les avoit conſervées. Il s'applaudit de ſa découverte, parce que ce ſatellite de Saturne, joint à la Lune de la Terre & aux quatre ſatellites de Jupiter, achevoit le nombre de ſix planetes ſecondaires, nombre égal à celui des pla-

(*a*) Hiſtoire des Mathématiques, T. II, p. 481.

(*b*) *Hugenii opera.* 25 Mars 1655, p. 541 & 548.

netes principales. Il n'en fallut pas davantage, l'univers étoit complet.

Huygens, possesseur de cette explication ingénieuse & vraie de la nature & des apparences bizarres de l'anneau, osa prédire le tems où Saturne en paroîtroit dépouillé. Il ne manquoit à sa théorie que cette confirmation; car dans les choses enchaînées & périodiques de cet univers, c'est la prédiction de l'avenir qui prouve la connoissance entiere du passé. Huygens en 1659, annonça que Saturne paroîtroit rond au mois de Juillet ou d'Août 1671; le phénomène parut à la fin de Mai (*a*); Huygens se trompa de deux mois, c'étoit peu pour ces commencemens: & sa théorie perfectionnée par le tems, nous a mis à portée de prédire les phases semblables avec plus d'exactitude.

§. XIX.

Hévélius avoit pu se méprendre sur la cause des apparences de Saturne; il faut de la force pour planer sur les faits: son génie ne l'éleva pas si haut que celui d'Huygens, mais il avoit le talent & la constance de suivre & de recueillir les faits. Observateur exact, assidu, Hévélius remarqua l'imperfection de toutes les Tables (*b*); les meilleures de son tems s'écartoient quelquefois d'une demi-heure sur le tems des éclipses (*c*): c'étoit plus que les Tables indiennes, trouvées dans l'Inde par M. le Gentil (*d*). Ainsi, malgré les efforts d'Hypparque, de Ptolémée, de Tycho & de Képler, malgré les siecles écoulés entre les restaurateurs d'Alexandrie & les restaurateurs Européens, l'astronomie étoit moins avancée qu'elle ne le fut jadis relativement à la connoissance des vrais mouvemens célestes;

(*a*) *Hugenii opera*, p. 587 & 639. Transact. philos. 1671. N°. 78.

(*b*) Hévélius, p. 38 & 46.

(*c*) Hévélius, *Mercurius in Sole visus*. p. 13.

(*d*) Histoire de l'Astr. anc. p. 114.

mais

mais celle des causes avoit déjà fait quelques progrès. Hévélius sentoit qu'il falloit une observation assidue, des observatoires multipliés, & des instrumens perfectionnés. Il invitoit les grands & les riches à concourir aux progrès de l'astronomie (*a*); elle ne marche qu'avec des dépenses; c'est aux princes à la protéger, c'est aux riches à ouvrir leurs trésors, & à employer le superflu du luxe pour enrichir l'esprit humain.

Hévélius observa en 1661 le troisieme passage de Mercure sur le Soleil, arrivé depuis l'invention des lunettes; il le vit sur l'image aggrandie du Soleil, reçue dans une chambre obscure. La petitesse de la planete l'étonna: Gassendi, qui en 1631 l'avoit vue le premier sur le Soleil, jugeà qu'elle avoit un diametre de 20″; Hévélius trouva ce diametre de 12″ & de 6″ 3‴ dans la distance moyenne (*b*), ce qui est assez exact. Il se servit ensuite de ce diametre comme d'un module pour mesurer le diametre des autres planetes & des étoiles; en choisissant les circonstances où ces astres se trouvoient près de Mercure, au tems de sa plus grande digression du Soleil, il les considéroit tous à travers une lame de métal, appliquée à la lunette & percée de différens trous circulaires; il marquoit chaque ouverture, qui circonscrivoit exactement le petit disque d'un de ces astres, & les rapports de grandeur de ces cercles étoient les rapports de la grandeur des corps célestes. Il crut que les étoiles nommées Rigel, la Chevre, Arcturus étoient égales à Mercure (*c*), il se trompa; il pensoit les avoir dépouillées du rayonnement qui amplifie leur apparence, elles ne l'étoient pas.

§. XX.

A PEU PRÈS dans ce tems, Mouton, astronôme, prêtre

(*a*) Hévélius, *Mercurius in sole visus*, pag. 3.

(*b*) Hévélius, *ibid.* p. 64, 80, 83.

(*c*) *Ibid.* p. 90, 95.

de Lyon, faisoit sans éclat des observations utiles ; il fut peu connu, & méritoit de l'être davantage : ses observations font voir que le génie peut prévenir les progrès des sciences, & en se passant des moyens de perfection qui manquent encore, parvenir cependant à une assez grande exactitude. En 1659 & 1661 il tenta de mesurer le diametre du soleil. Les instrumens, qui servoient à mesurer l'angle de ce diametre, étoient susceptibles d'erreurs considérables ; une erreur de deux ou trois minutes étoit énorme sur une quantité de trente minutes : aussi tous les astronômes différoient-ils beaucoup dans cette mesure. On faisoit alors peu d'usage du pendule & de son isochronisme reconnu par Galilée. La difficulté de compter les vibrations, & sur-tout celle de déterminer la durée de ces vibrations, en rendoient l'usage difficile. Hévélius l'employa cependant dans l'éclipse de soleil du 11 Août 1654 ; il se servit d'un pendule qui faisoit 39 vibrations par minute, & 2340 par heure (*a*). On peut croire que ces nombres & ces déterminations avoient beaucoup d'incertitude. Mouton employa le pendule plus ingénieusement, il conçut l'idée de mesurer le diametre du soleil par le tems que son globe met à traverser le méridien ; il représenta ce cercle par deux fils à plomb suspendus & placés dans le sens de la méridienne ; le premier sert à mirer au second, & à s'assurer que l'on est dans le plan du méridien. Alors le tems écoulé entre le moment, où le soleil paroît toucher le plus éloigné des fils, & le moment où il le quitte, après l'avoir traversé, peut donner en effet la mesure de ce diametre ; car en conséquence de ce que le cercle entier de l'équateur y passe en 24 heures, 15 secondes de ce cercle y doivent passer en une seconde de tems. Si le globe du soleil

(*a*) Hévélius, *Epist. de utriusque luminaris defectu*, 1654, p. 54.

occupe 30 minutes, il sera donc deux minutes à passer. Mouton employa le pendule pour déterminer le tems de ce passage ; mais il falloit connoître la durée des vibrations de ce pendule : voici comme il s'y prit. Il plaça un troisieme fil vers la gauche, dans une direction qui faisoit un angle avec les deux fils de la méridienne. Ce troisieme étoit dans un cercle vertical. Le pendule étant mis en mouvement, il observa le moment où le soleil touchoit ce troisieme fil, & il commença à compter les vibrations jusqu'au moment où le soleil toucha le fil de la méridienne. Il répéta cette expérience un grand nombre de jours, pour s'assurer du nombre de ces vibrations ; ensuite il calcula par la trigonométrie l'arc de l'équateur, compris dans cet intervalle (*a*). Mouton eut donc le nombre de minutes & de secondes de l'équateur, qui répondoit au nombre des vibrations du pendule. L'invention de Huygens ne lui étoit pas encore parvenue, il ne s'éleva point à l'idée d'un instrument qui devînt une horloge perpétuelle, & une mesure de tous les momens ; mais son industrie lui en procura un qui le mit à portée de faire une opération importante. Il compta combien son pendule faisoit de vibrations pendant le passage du globe du soleil au méridien, & il en conclut que le diametre de cet astre, lorsqu'il est le plus loin de la terre, est de 31′ 31 ou 32″ (*b*). La détermination étoit plus exacte que celle qui fut faite peu de tems après par Auzoût & par Picard. M. de la Lande n'a pas trouvé plus d'une seconde à en retrancher (*c*), quoiqu'il se servît d'un excellent micrometre objectif. C'est un grand mérite que celui de devancer ainsi son âge, & d'atteindre une précision éloignée de plus d'un siecle.

(*a*) Mouton, *Observat. diametr. solis*, pag. 81.

(*b*) *Ibid.* p. 103.

(*c*) *Astron.* art, 1386.

§. XXI.

Le phénomène le plus extraordinaire de l'astronomie, c'est l'apparition subite des nouvelles étoiles : les étoiles, qui semblent avoir éminemment la constance des choses célestes, sont nommées fixes, parce qu'en général leurs positions, leurs distances, leurs grandeurs sont les mêmes depuis qu'il existe des observateurs, parce que le tems, qui change tant de choses autour de nous, n'a point altéré sensiblement cette Hiérarchie composée de tant d'individus, où l'ordre, les rangs & les dignités semblent inaltérables. Les hommes croyent pouvoir juger, par l'expérience du petit nombre de leurs années, & nous allons apprendre ici que l'expérience des siecles est encore trompeuse. Il y a deux mille ans qu'Hypparque apperçut une nouvelle étoile. Tout ce qui naît peut périr, tout ce qui se montre inopinément peut disparoître de même, les étoiles devoient à la rigueur perdre leur privilége & leur réputation de constance. Cependant le phénomène étoit rare, une regle ne doit pas être détruite par une exception ; on leur laissa leur nom & leur fixité. Depuis le tems d'Hypparque, on dit en avoir vu une nouvelle sous le regne d'Adrien. Cuspinianus en apperçut une autre dans la constellation de l'aigle en 389 ; elle parut aussi belle que Vénus, & brilla pendant trois semaines. Au neuvieme siecle Hally & Albumasar en découvrirent une troisieme dans le Scorpion ; elle parut pendant quatre mois avec une si grande clarté, que la lune la surpassoit à peine quatre fois en lumiere. Une quatrieme se montra en 945, & une cinquieme en 1254, suivant Cyprianus Leovitius (a). Mais ces apparitions mal circonstanciées & sans détails, ont

(a) Cassini, *Elem. d'astron.* p. 59.

peu d'autorité; on ne ſait ſi des cometes n'ont pas été priſes pour des étoiles. Le phénomène le plus déciſif, parce qu'il fut bien obſervé, eſt l'apparition de l'étoile de 1572 (*a*). Sa diſparition, qui ne ſe fit pas long-tems attendre, prouva complettement que les aſtres les plus fixes n'avoient pas une permanence abſolue. Lorſque les obſervateurs ſe multiplierent, lorſque le ciel eut un plus grand nombre de témoins, ſes inconſtances & ſes pertes, long-tems cachées, furent miſes à découvert. David Fabricius découvrit une nouvelle étoile dans le col de la baleine en 1596; Guillaume Janſon une dans le col du Cigne en 1600; enfin Képler une troiſieme en 1604 (*b*). La premiere & la troiſieme diſparurent en peu de tems: la ſeconde ſeule perſévéra pendant vingt-une années; puis enfin, comme ſi elle étoit parvenue à la vieilleſſe, elle s'affoiblit & diſparut. Il n'y avoit donc rien à conclure de ces phénomènes, ſinon que parmi les étoiles, quelques-unes naiſſoient comme nous, étoient ſujettes comme nous à la deſtruction, avec des inégalités de durée & de vie ſemblables à celles de tous les individus. Mais en 1638 Holvard (*c*) revit l'étoile de la Baleine, & à peu près au même lieu où elle avoit été apperçue par Fabricius. Il ignoroit ſa premiere apparition, il la perdit lorſqu'elle ſe cacha dans les rayons du ſoleil; & lorſque cet aſtre, en s'avançant dans l'écliptique, eut rendu viſibles les étoiles de la Baleine, Holvard ne retrouva plus ſon étoile, quoiqu'il la cherchât avec ſoin: mais il dût être étonné de la revoir tout à coup le 7 Novembre 1639 (*d*). On la vit les années 1644, 45, 46, 47, 48, avec des alternatives de diſparition & de renaiſſance, telles qu'on ne

(*a*) *Suprà*, Tom. I, p. 381.
(*b*) *Suprà*, p. 33.
(*c*) Jean Phocillides Holward.
(*d*) *Hiſtoriola miræ ſtellæ*, p. 148.

la vit jamais une année de suite. Hévélius la suivit constamment en 1648 & en 1660 (*a*). Dans son grand éclat, elle paroissoit comme une étoile de la troisieme grandeur, elle descendoit par degré jusqu'à la sixieme, & s'évanouissoit.

§. XXII.

Il étoit donc évident que cette étoile avoit des retours, elle n'étoit point de l'espece de celles qui disparoissent pour toujours, ni de celles qui ne disparoissent jamais; elle luisoit, s'éteignoit pour luire de nouveau après un tems; ses feux & sa lumiere étoient assujettis à des vicissitudes & à des saisons, comme les choses de la terre : mais quelle étoit la cause qui allumoit ainsi, qui faisoit revivre les étoiles séparées & semées dans l'espace ?

Riccioli eut une idée ingénieuse (*b*); il pensa que ces étoiles sont créées, sont existantes depuis le commencement des choses, mais qu'elles ne sont pas lumineuses dans toute l'étendue de leur globe; une partie est brillante, l'autre est obscure. Malheureusement le Pere gâta cette idée par la superstition, l'astrologie se mêloit encore à tout; il crut que Dieu avoit produit ces astres, ainsi mêlés de lumiere & de ténebres, pour se ménager des signes extraordinaires. Il les laisse sans éclat quand il n'a rien à annoncer aux hommes, il tourne & fait briller tout-à-coup ces étoiles, lorsqu'il lui plaît de donner à la terre des avis ou des leçons. L'existence, la formation du monde sont d'assez grands miracles; l'astronomie, qui cherche à le connoître pour admirer son auteur, n'en doit point supposer d'autres. Ici elle n'avoit qu'une chose à faire; elle voyoit des retours, il falloit en chercher la regle. Bouillaud eut la gloire

(*a*) *Historiola miræ stellæ*, p. 148 & 150. (*b*) Riccioli, Almag. Tom. II, p. 176.

de la soupçonner & de la découvrir (*a*). Il suppose, comme Riccioli, que le globe des étoiles avoit une partie obscure, mais il donne à ce globe une rotation sur lui-même, qui fait succéder à nos yeux la partie lumineuse & la partie obscure. Par la comparaison des tems des apparitions, il trouva que cette rotation de l'étoile de la Baleine avoit une période de 333 jours, pendant laquelle s'operent tous les progrès de son aggrandissement & de sa diminution. Dans cet intervalle, elle ne paroît que quatre mois, & son plus grand éclat ne dure que quinze jours. Cette supposition d'un mouvement sur l'axe paroît la seule admissible (*b*). Nous avons dit (*c*) qu'il étoit impossible que ces étoiles décrivissent des orbites, elles changeroient de lieu dans le ciel; elles ne peuvent non plus s'avancer & reculer en ligne droite dans la direction du rayon visuel, elles se montreroient, comme elles disparoissent, graduellement. Il reste encore cependant bien des variations à expliquer; nous avons beau pénétrer dans les choses, nous rencontrons toujours des mysteres : tantôt cette étoile augmente plus vîte qu'elle ne diminue, tantôt elle diminue en moins de tems qu'elle n'a augmenté. Le tems de son apparition n'est pas toujours le même; quelquefois elle brille pendant quatre mois, & d'autres fois pendant trois seulement; son plus grand éclat est variable, on la voit égaler les étoiles de la seconde grandeur, & dans d'autres apparitions, elle n'atteint pas les étoiles de la troisieme. Enfin, ce qui est plus extraordinaire, c'est qu'Hévélius, qui suivoit constamment ses vicissitudes, assure qu'elle a été quatre ans sans reparoître (*d*). On ne peut douter qu'elle n'ait le plus souvent des retours réglés après 333 jours; il paroît

(*a*) *Bullialdi ad astronomos Monita duo*, 1667.

(*b*) M. Cassini, Elem. d'Astron. p. 66.

(*c*) *Suprà*, p. 38.

(*d*) Cassini, Elémens d'astronomie, pag. 66.

vraisemblable que cet astre a un mouvement de rotation, qui produit ces retours périodiques, mais il y a certainement quelqu'autre cause qui en altere la régularité, & qui fait varier la grandeur & l'éclat de cette étoile. Si l'homme n'a pas tout dit sur ces phénomènes extraordinaires, il faut se rappeler qu'il ignore tant de choses autour de lui, & on peut s'étonner qu'il ait vu, suivi & expliqué, souvent si heureusement, les révolutions de ces empires éloignés.

§. XXIII.

Louis XIV commençoit à régner par lui-même en France; Colbert lui inspiroit la grandeur, & ces utiles dépenses pour les arts, qui sont une semence pour une récolte abondante. Louis avoit un desir de gloire que la France ne pouvoit remplir; tout ce qui s'élevoit comme lui attiroit ses regards, lui devoit des hommages, & méritoit ses bienfaits. Colbert envoya au nom du Roi une somme d'argent & une pension à Hévélius. On peut juger si l'ame d'un homme de lettres, ouverte à tous les sentimens nobles, & sur tout à la gloire, est touchée d'une réputation, qui, malgré la distance, a de si grands effets, & combien il s'honore du tribut payé par un grand Roi au génie lointain & étranger. Louons l'amour de la gloire, qui chez les Rois est un ressort utile, & qui produit de tels encouragemens. Hévélius s'en acquitta en dédiant à Colbert son premier ouvrage sur les cometes (*a*), qui fut bientôt suivi d'un livre plus considérable, de sa *Cométographie*, où il épuise tout ce qu'on a vu, tout ce qu'on a dit jusqu'à lui sur la nature comme sur les mouvemens de ces astres singuliers & passagers. Indépendamment

(*a*) *Prodromus cometicus.*

des

des observations & des recherches d'Hévélius, il y a dans ces deux traités une grande érudition astronomique; & cette sorte d'ouvrages sert aux progrès des sciences, parce que tous les faits y étant rassemblés, ils offrent un tableau des connoissances. Les opinions s'éclairent ou se détruisent les unes par les autres; on voit d'un coup d'œil tout ce qu'on a fait, & une partie de ce qui reste à faire.

§. XXIV.

L'occasion de ce travail d'Hévélius fut une belle comete qui parut dans le mois de Décembre 1664, & de Janvier 1665. Comme au milieu de son cours elle s'enveloppa dans les rayons du soleil, & qu'elle parut le soir après avoir paru le matin, plusieurs savans en firent deux cometes différentes (*a*). Hévélius ne s'y trompa pas, il la suivit & l'observa avec le plus grand soin. Il falloit profiter de son apparition, il quitta tout pour elle (*b*). La comete parut près le bec du Corbeau; elle avoit d'abord une lumiere foible, un noyau de 3 à 4′, & en tout avec sa chevelure, une étendue de près de douze. Hévélius, au moyen d'un fort télescope, apperçut que le noyau n'étoit pas unique & partout également dense, mais comme composé de plusieurs parties séparées & distinctes, les unes plus, les autres moins claires (*c*); les disques des cometes ont donc des taches. Hévélius crut même appercevoir que ces taches avoient changé de place relativement au centre de la comete (*d*). Il conçut pourquoi les cometes paroissoient tout à coup & disparoissoient de même; ce n'étoit, selon lui, qu'une aggrégation de matiere, seulement pour un tems, également facile à former

(*a*) *Prodromus cometicus*, p. 22.
(*b*) *Ibid.* p. 2.
(*c*) *Ibid.* p. 3.
(*d*) *Ibid.* p. 8.

& à diſſiper. Il eſpéra qu'il pourroit être le témoin de l'opération ; le 6 Janvier il apperçut une altération dans le diſque de la comete, qui lui perſuada que le noyau alloit ſe diſſoudre (*a*).

Cette comete eut une queue dès le commencement de ſon apparition ; en paſſant près du ſoleil, cette queue diminua beaucoup, la comete n'eut preſque qu'une grande chevelure & une barbe fort large. Les étoiles brilloient à travers la matiere légere, ou le fluide de cette queue (*b*) ; Hévélius y vit pluſieurs fois un phénomène extraordinaire, c'eſt une ſorte de fluctuation & de ſcintillation : Cornelius Gemma avoit déjà remarqué que quelquefois, & tout à coup ces queues ſe partageoient en rayons. Ces phénomènes annonceront peut-être aux phyſiciens modernes la préſence de l'électricité.

§. XXV.

Hévélius établit trois mouvemens apparens dans les cometes. Les deux premiers naiſſent du mouvement de notre demeure, l'un de la révolution diurne, qui fait tous les jours lever & coucher les aſtres, l'autre de ſa tranſlation autour du ſoleil, qui change tous les jours les aſpects des planetes ; le troiſieme eſt propre à la comete, il n'eſt pas toujours direct, & ſuivant la ſuite des ſignes, comme celui des planetes ; il n'eſt aſſujetti à aucun zodiaque, ni à aucun ſens, & il ſe dirige vers toutes les régions du monde (*c*). Hévélius penſa que le mouvement circulaire ne convenoit point aux cometes (*d*). Elles ſemblent ſuivre pendant quelque tems un grand cercle de la ſphere, mais elles finiſſent par s'en écarter, & elles éprouvent une déflexion marquée. Il traça ſur un planiſphere toutes les

(*a*) *Prodromus cometicus*, p. 10.
(*b*) *Ibid.* p. 7, 8, 9, 11.
(*c*) *Prodromus*, p. 15.
(*d*) *Ibid.* p. 35.

positions de la comete, & en réunissant les deux extrémités de cette trace, il trouva que la route entiere avoit une courbure allongée, & une forme lenticulaire (*a*).

Les observations exactes & assidues de cet habile astronôme donnerent une confirmation du système de Copernic, ou pour mieux dire, du vrai système du monde. Cette preuve est du même genre que celle que l'on tire du mouvement des planetes, mais la preuve s'augmente & se fortifie avec le nombre des exemples. Les cometes subissent des alternatives de repos & de mouvement, d'accélération & de diminution de vîtesse. Le mouvement, de rétrograde devient direct, passant d'un sens à un sens contraire. Toutes ces bizarreries resteroient aux cometes, si la terre étoit immobile; il faudroit des bizarreries différentes dans chaque comete, tandis qu'il ne faut supposer que différentes positions de notre globe. Il est insensé de créer des absurdités & des chimeres dans l'ouvrage simple & régulier de la nature, pour dispenser un petit corps d'un mouvement qui ne lui nuit pas, & pour lui conférer un privilége qui seroit unique dans l'univers. Mais lorsque la terre, où réside l'observateur, se meut comme l'astre observé, les bizarreries naissent de la complication des deux mouvemens (*b*).

§. XXVI.

On voit par la Cométographie d'Hévélius combien il étoit observateur diligent & calculateur soigneux; aussi n'a-t-il été précédé que par Tycho, & a-t-il mérité d'être placé au même rang que lui. La question de la parallaxe des cometes l'intéressa beaucoup; Tycho avoit trouvé une parallaxe de 20′ à la

(*a*) *Prodromus cometicus*, pag. 26, & 29.

(*b*) *Prodromus*, p. 29 & 26, *Cometographia*, p. 589.

comete de 1577, elle étoit trois fois plus éloignée de nous que la lune *(a)*; Hévélius en trouva une de 31′ à la comete de 1652, dans sa plus petite distance à la terre, elle fut encore deux fois plus loin que la lune *(b)*. La comete de 1664, dont la parallaxe étoit de 12′, fut cinq fois plus éloignée que notre satellite *(c)*. Il étoit donc bien décidé par Tycho & par Hévélius, c'est-à-dire, par les deux plus habiles observateurs de l'Europe, que les cometes n'étoient point des météores de notre atmosphere, mais qu'elles occupoient & traversoient les espaces de l'éther comme les planetes *(d)*. Il n'y avoit plus moyen de faire naître ces astres des exhalaisons de la terre & des matieres inflammables, charriées par ces exhalaisons; elles ne s'élevent pas à cette hauteur. Cependant aux yeux d'Hévélius les cometes n'étoient point des astres durables; il croyoit en avoir vu une prête à se détruire; il établit qu'elles sont formées d'un amas de matieres hétérogènes, & composées de plusieurs corps assemblés *(e)*.

Elles sont produites par les exhalaisons des autres corps célestes; ces corps ont des transpirations comme la terre. On peut le croire sans doute, mais Hévélius n'étoit pas conséquent. Si les vapeurs de notre globe ne sortent point de son atmosphere, ne s'élevent même qu'à une petite hauteur, comment les vapeurs des autres planetes s'élevoient-elles davantage? Et tandis que ces produits de la terre retombent sur sa surface, comment ceux des planetes avoient-ils le pouvoir de les quitter & de s'unir pour briller & voyager sous l'apparence de cometes? Mais cette aggrégation, la production spontanée des cometes, étoit un vieux préjugé; Hévélius ne devoit pas croire à leur

(a) La lune a une parallaxe environ de 1°, ou de 60′.

(b) *Cometog.* p. 312.

(c) *Ibid.* p. 757.

(d) *Ibid.* p. 131.

(e) *Ibid.* p. 349.

permanence ; il croyoit avoir vu de ses yeux commencer la dissolution, il en concluoit & le peu de durée de ces astres, & leur naissance fortuite ; il les compare aux taches solaires. Les cometes sont comme elles des dépurations, elles n'existent point en masse sphérique & en globe, ce ne sont que des superficies, ou du moins des disques avec peu d'épaisseur (*a*). Cette erreur étoit neuve, & entierement à lui.

§. XXVII.

Hévélius racheta ces erreurs par des idées assez saines sur le mouvement des cometes ; Tycho l'avoit cru circulaire (*b*) ; Képler voulait qu'il s'accomplît dans une ligne droite (*c*). Hévélius, toujours persuadé de la naissance fortuire des cometes, & sur-tout de leur peu de durée, trouva le sentiment de Képler plus vraisemblable. C'est en conséquence de leur forme de disque que les cometes ne peuvent prendre le mouvement circulaire ; d'ailleurs un cercle, une ellipse, une courbe fermée &c. qui revient sur elle-même, ne peut convenir qu'à des corps qui ont une révolution périodique & une durée éternelle (*d*). Hévélius penchoit donc à regarder le mouvement des cometes comme rectiligne. On peut en effet représenter par cette supposition une grande partie de leur route visible pour nous : c'est dans ce sens qu'il faut prendre tous les passages d'Hévélius, où il affirme que le mouvement s'exécute en ligne droite (*e*), ou presqu'en ligne droite (*f*) ; il est certain qu'il a reconnu une déflexion, une courbure marquée & décisive (*g*) ; il a vu que cette courbure embrassoit le soleil (*h*). Cette vérité de

(*a*) *Cometog.* p. 570.
(*b*) *Suprà*, Tom. I, p. 411.
(*c*) *Suprà*, p. 121.
(*d*) Hévélius, *comet.* p. 569.
(*e*) *Ibid.* p. 568, 569.
(*f*) *Ibid.* p 561, 568, 641, 684.
(*g*) *Ibid.* p. 565, 567, 620, 658.
(*h*) *Ibid.* p. 623, 658.

fait étoit une découverte nouvelle, nous devons lui en tenir compte. Cependant l'erreur du préjugé lui fut encore utile ; il regardoit les cometes comme des météores échappés dans l'éther ; il vit que tous les corps qui nagent dans l'air, ceux qui y sont lancés comme les fleches & les bombes, les bateaux qui traversent un fleuve à force de rames, & malgré le courant qui les entraîne, décrivent, soit dans l'air, soit sur l'eau, les uns une courbe que nous nommons la *parabole*, les autres un poligone dont le contour a une sorte de courbure. Cet exemple sublunaire l'éclaira sur ce qui se passe dans l'éther ; les météores, devenus cometes, n'y changent point de nature : Hévélius vit ces cometes décrirè encore des lignes paraboliques (*a*). C'est une belle découverte, c'est un pas de la science ! Ce pas nous paroît la suite & l'effet d'un préjugé. Mais que la vérité ne rougisse point de cette origine ; qu'importe qu'une eau claire & limpide ait une source impure ? Tout est mêlé sur la terre, les biens & les maux se succedent & s'engendrent mutuellement ; & que deviendrions-nous dans notre condition mortelle & passagere, si les maux ne produisoient que des maux, si les erreurs n'enfantoient que des erreurs, tandis que le mal naît si souvent du bien même ? La terre seroit un séjour affreux, où tout ce qui nuit auroit seul la constance & l'hérédité, & où ce qui sert, ce qui console, le bien & la vérité seroient seuls altérables.

§. XXVIII.

Hévélius jugea qu'une route courbée en parabole naissoit de deux mouvemens différens. Les bombes lancées dans l'air, les bateaux qui traversent les rivieres, suivent une ligne para-

(*a*) Hévélius, *Comet.* pag. 659.

bolique, ou du moins une route courbée, parce que la force de la poudre qui lance obliquement les unes, eſt altérée par la peſanteur qui veut les ramener vers la terre; parce que la force des bras & des rames qui dirige un bateau d'un bord à l'autre, eſt contrariée par le courant qui tend à l'entraîner. Hévélius chercha deux forces dans les cometes; l'une eſt la force d'impulſion, par laquelle, ſelon lui, elles ſortent de l'atmoſphere des planetes où elles ſont nées (*a*); l'autre eſt une tendance vers le ſoleil, à qui elles doivent toujours préſenter la même face (*b*): il alla même juſqu'à remarquer que la vîteſſe des cometes étoit la plus grande dans le point où leur courbure eſt la plus marquée, où la ligne menée du ſoleil eſt perpendiculaire à leur route, en un mot au ſommet de la parabole (*c*). Hévélius ſavoit aſſez de mathématiques pour en conclure que le ſoleil étoit dans le plan de la courbe, puiſqu'il eſt le centre de regard & de tendance, & qu'il étoit en même tems placé dans la ligne que nous nommons *l'axe* de la parabole. Mais il n'alla pas plus loin; les progrès & les pas ultérieurs étoient réſervés à d'autres aſtronômes. Si la tendance vers le ſoleil, apperçue par Hévélius, eſt préſentée d'une maniere occulte, elle eſt la lueur d'une vérité qui devoit ſe montrer un jour avec plus d'éclat: mais il rappela formellement l'analogie intéreſſante des cometes avec les planetes; il rompit le préjugé à cet égard. Les unes, il eſt vrai, ſont des corps formés tout à coup, paſſagers, déjà caducs, quoique nouveaux; les autres ſont des corps permanens, & qui durent avec le tems. Mais les cometes décrivent une parabole en s'éloignant, ou en s'approchant du ſoleil; & comme les planetes parcourent autour de lui une ellipſe fermée, les unes

(*a*) Hévélius, *Cometog.* pag. 666 & 670.

(*b*) *Ibid.* p. 666.

(*c*) *Ibid.* p. 669.

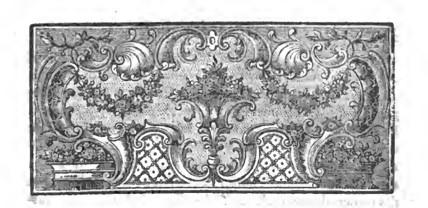
& les autres ſuivent donc une trajectoire conique, avec une affinité inconnue, mais remarquable, & avec une harmonie incompréhenſible : ce ſont ſes termes (*a*).

Voilà le degré ou Hévélius, Huygens, Bouillaud & l'Europe avec eux, avoient porté l'aſtronomie à cette époque de l'année 1665. La fin de cette année & le commencement de la ſuivante ſont mémorables ; c'eſt l'époque de l'établiſſement des Académies en France & en Angleterre ; c'eſt le tems où les progrès devinrent rapides, où les travaux ſont multipliés & mêlés. Dans les deux livres ſuivans nous réunirons les inſtrumens inventés pour une perfection juſqu'alors inconnue & ineſpérée ; nous décrirons la nouvelle maniere d'obſerver, qui fonda une nouvelle aſtronomie ; mais nous ne pourrons plus déſormais ſéparer les hommes & les préſenter iſolés. L'édifice de la ſcience commence à s'élever par un concours ; tant de bras y travaillent à la fois, que nous ne pouvons plus faire un enſemble de la vie des aſtronômes, & profiter de l'intérêt qu'ils inſpirent comme hommes. Nous ne devons avoir égard qu'aux choſes ; ce ſont elles qui formeront le tableau. Il nous faut ſuivre les années, marcher non avec l'homme, mais avec l'eſprit humain, & développer par degrés les vérités & les idées dans l'ordre que ſuit le tems, en les répandant ſur la terre.

(*a*) *Cometog.* p. 704.

Borelli a comparé auſſi la route des cometes à une parabole. M. Foſſombroni nous mande d'Italie que dans le 1[er] vol. des Lettres non publiées des hommes illuſtres, volume imprimé en 1773, on trouve une lettre de Borelli, du 4 Mai 1665, au prince Léopold, où il dit : » il me ſemble » que le mouvement réel & véritable de » la comete actuelle ne ſauroit en aucune » maniere avoir lieu dans une ligne droite, » mais dans une courbe, tellement ſem- » blable à une parabole, que c'eſt un ſujet » d'étonnement. Cela ſe démontre non ſeu- » lement par le calcul, mais par une expé- » rience mécanique.

HISTOIRE



HISTOIRE
DE
L'ASTRONOMIE MODERNE.

LIVRE SIXIEME.

De l'Établiſſement des Académies, & de l'Invention des nouveaux Inſtrumens.

§. PREMIER.

Les premiers inſtrumens pour les progrès des ſciences furent les Académies. Au milieu des opinions diverſes qui naiſſent & meurent ſur la terre, qui ſe combattent & ſe détruiſent, la vérité trouva des aſiles. On dit tout ce qu'on veut dans le ſilence du cabinet, on y parle ſans contradicteurs ; il n'en eſt pas de même dans une aſſemblée de ſavans, dont on craint le regard pénétrant & la cenſure éclairée. Les opinions ne s'établiſſent point ſans combat ; les vérités ne ſont admiſes qu'après

avoir été reconnues : le dépôt qui s'y forme croît avec les années, & s'épure à tous les momens. Un avantage non moins grand de ces corps eſt celui de leur unité & de leur durée ; ils ſont toujours vivans, les hommes ſe ſuccedent, le même eſprit demeure. Le feu ſacré n'eſt plus confié aux ſoins des particuliers, il eſt conſervé dans le temple de Veſta : tant que ces temples ſubſiſteront, l'ignorance ne ſe montrera pas ; l'inſtruction durera autant que ces dépôts de lumiere. Si l'eſprit humain eſt le réſultat des travaux de nos ancêtres, & des efforts de la génération ſubſiſtante, c'eſt ſur-tout dans les Académies que les vérités nouvelles s'ajoutent aux vérités connues ; c'eſt là que l'eſprit humain réſide : il y eſt vivant dans un nombre d'hommes réunis ; il y parle, il y rend ſes oracles par leur organe ; & ſous cette forme humaine, animé des paſſions de l'utilité & de la gloire, il eſt unique comme l'individu, & durable comme l'eſpece.

§. I I.

L'Académie étoit jadis le lieu où Platon inſtruiſoit ſes diſciples : nous nous aſſemblons encore ſous les auſpices de ce philoſophe ; & ce nom, tranſmis à nos ſociétés modernes, annonce que la philoſophie doit être l'eſprit de ces aſſemblées. La premiere, la plus ancienne Académie fut établie par Charles-Magne & par le Conſeil d'Alcuin. Ce n'étoit qu'une ſociété d'érudition, la philoſophie ne s'y montroit pas. La philoſophie parut d'abord à Paris dans des ſociétés particulieres ; Gaſſendi, Deſcartes, Hobbe, Roberval, les Paſcal pere & fils ſe réuniſſoient chez le P. Merſenne ; on y traitoit des ſciences, on y propoſoit des queſtions pour hâter leurs progrès. Ces aſſemblées ſe tinrent enſuite chez M. de Montmort & chez M. Thevenot. M. de Fontenelle raconte que des gentilshommes Anglois voyageant en France, après avoir goûté l'utilité de ces aſſemblées,

en emporterent l'esprit dans leur patrie (a). Les plaies des guerres civiles saignoient encore ; la tyrannie des Cromwel alarmoit les esprits, & ne leur laissoit de liberté que dans le sein des sciences, dans la culture de leurs vérités paisibles, & sur-tout séparées des vérités morales & politiques, qui sont l'effroi des usurpateurs. Les Anglois formerent de pareilles assemblées à Oxfort : bientôt elles donnerent naissance à la Société royale de Londres, & lorsque le trône eut été rendu à Charles II, l'héritier légitime, la Société royale fut établie par son autorité ; & le génie de la nation donna à cette institution un caractere si mâle & si puissant, qu'on doit à sa constance & à ses efforts les plus grands progrès des sciences & de la vérité. L'académie del Cimento, fondée en 1657 par le cardinal de Médicis, l'avoit précédée, mais elle ne dura que peu d'années. L'établissement de la Société royale fut commencé en 1659 ; elle prit une forme réguliere en 1662, & ses mémoires, intitulés *Transactions philosophiques*, ont commencé à l'époque de 1665.

§. III.

L'ACADÉMIE des Sciences de Paris fut fondée à la fin de l'année suivante. La France, depuis long-tems troublée par la guerre, respiroit par la paix des Pyrenées ; Mazarin n'étoit plus, Louis XIV régnoit déjà par lui-même, & les idées de la nation s'aggrandissoient avec les siennes. Il aimoit la domination & la guerre, mais il encouragea les arts de la paix ; il sentit les avantages qui résultent, pour l'état & même pour les Rois, de la culture des sciences & des lettres, l'encouragement descend du trône, & leur gloire rejaillit sur lui. L'Académie françoise, établie dès 1635 par un grand ministre,

(a) Histoire de l'Acad. des Scien. Tome I, p. 5.

eut pour sœur l'Académie des Sciences, fondée par un jeune Roi qui devoit mériter le nom de Grand, & par Colbert, miniſtre à jamais regretté, qui dirigeoit alors ſa jeuneſſe. L'Académie des Sciences s'aſſembla pour la premiere fois le 22 Décembre 1666; les plus diſtingués de ſes membres mathématiciens furent alors Roberval, Auzout, Picard, Richer, &c., mais l'Académie s'enrichit encore par des adoptions. Louis XIV vouloit faire contribuer le monde à ſa gloire; il concentroit les lumieres de l'Europe à Paris comme dans un foyer; le Dannemarck lui donna Roëmer, la Hollande Huygens, & l'Italie Dominique Caſſini. Voilà la baſe ſolide ſur laquelle il établit ſon Académie des ſciences, & les exemples qu'il propoſoit à ſes ſujets! Auſſi cette Académie n'a-t-elle pas dégénéré de ſes nobles inſtituteurs; & ſes efforts ſoutenus & couronnés pendant plus d'un ſiecle, l'ont placée au premier rang des corps éclairés de l'Europe. On n'a vu nulle part des travaux plus ſuivis & plus multipliés; des découvertes nombreuſes & brillantes y ont été faites; l'aſtronomie entiere y a été embraſſée, cultivée: & la collection de ſes mémoires démontre l'étendue & l'utilité de ſes productions. Les Académies de Paris & de Londres ſont deux émules, qui doivent s'honorer d'une inſtitution & d'une nobleſſe également anciennes, & de la carriere brillante & glorieuſe qu'elles ont également parcourue.

§. IV.

Mais tous ces ſecours, nés de la protection des princes & de l'union des ſavans, n'auroient pu porter les ſciences au-delà des forces de l'homme, limité par la foibleſſe de ſes organes; il falloit aider ces organes, les rendre plus étendus, plus puiſſans; & c'eſt ici qu'on doit admirer l'eſprit humain, qui recule

les limites de la nature humaine. Les téleſcopes, découverts en 1610, n'avoient pas reçu beaucoup de perfection jusqu'à cette époque de 1666 ; nous avons vu qu'Hévélius en avoit fait lui-même, mais ils ne ſurpaſſoient pas douze ou quinze pieds de longueur. Huygens, dès les premiers efforts, parvint à en faire de vingt-deux pieds (*a*). Campani, doué d'une adreſſe & d'un génie particulier pour ce travail, en fit pluſieurs par l'ordre de Louis XIV, & pour l'uſage de Dominique Caſſini, qui avoient quatre-vingt-ſix, cent & cent trente-ſix pieds de foyer. Tous les objectifs qu'il a travaillés ne ſont pas de cette longueur exceſſive, mais ils ſont tous recommandables par leur bonté. Huygens, par de nouvelles tentatives, parvint à en faire un de deux cent dix pieds. Auzout & Hartzoecker allerent encore plus loin, & réuſſirent, dit-on, à en faire de ſix cens pieds. Ces objectifs d'un ſi long foyer avoient une courbure très-peu ſenſible, & devenoient difficiles à travailler. Hook en Angleterre & Harstsoecker en Hollande, donnerent des méthodes pour y réuſſir (*b*) ; mais on avoit déjà atteint les bornes de l'art, du moins pour ce ſiecle, & il convient que nous expliquions ici les obſtacles qui empêchoient de plus grands progrès.

§. V.

Descartes, nous l'avons dit (*c*), avoit remarqué que les verres objectifs, taillés en forme ſphérique, ne réuniſſent pas tous les rayons dans un point de leur axe, comme cela ſeroit néceſſaire pour la netteté des images. Les rayons partis du même point de l'objet, & tombés ſur toute l'étendue de l'ob-

(*a*) Hiſtoire de l'Aſtron. mod., *ſuprà*, 227.

(*b*) Hiſt. des math. T. II, p. 606 & ſuiv.

(*c*) *Suprà*, p. 199.

jectif, s'y réfractent, se réunissent dans différens points de l'axe, & y forment différentes petites images placées les unes devant les autres; c'est ce qu'on nomme *l'aberration* de sphéricité. Gregori (*a*) remarqua un autre défaut, mais moins considérable : c'est que les rayons partis des différens points de l'objet, au lieu de former une image plane & droite, forment une image courbe, c'est ce qu'il nomme *l'incurvation* des images. Mais le plus grand inconvénient, c'est lorsque l'ouverture de l'objectif est trop grande, & passe une certaine proportion nécessaire; alors les images se colorent comme les objets vus à travers un prisme; elles s'enrichissent d'une couronne où l'on distingue des nuances rouges, jaunes, vertes. C'est l'arc-en-ciel, c'est Iris elle-même qui est placée au foyer, & à l'entour des images; le phénomène en a retenu le nom, ces anneaux, ces bandes colorées s'appellent des *Iris*. La profusion de la nature produit ici un obstacle; cette richesse superflue est embarrassante comme toutes les choses de luxe. Ces inconvéniens, l'incurvation des images, qui est un peu sensible, l'aberration de sphéricité, les Iris sont proportionnées à l'étendue de l'objectif; on peut donc les diminuer, les rendre moins sensibles en diminuant cette étendue. Mais en même tems il faut considérer que l'image, qui se forme dans le tuyau du télescope au foyer de l'objectif, n'est éclairée que de la lumiere qui passe à travers l'ouverture, & par l'étendue de cet objectif. Les télescopes grossissent d'autant plus qu'on y adapte un oculaire d'un foyer plus court; c'est une loupe plus forte qu'on y applique. Mais nous avons dit (*b*) que ces loupes plus fortes donnent une lumiere moins serrée, & dès-là moins active; elles introduisent dans l'œil un faisceau plus large, dont la

(*a*) Hist. des Mathém. T. II, p. 595.

(*b*) *Suprà*, p. 102.

pointe qui doit peindre ſur la rétine, eſt plus émouſſée. Quand on groſſit trop relativement à la quantité de lumiere, l'obſcurité naît & l'on voit mal : car pour bien voir, il faut que la repréſentation de l'objet ſoit exacte & diſtincte ; & puiſque l'image eſt un peu déformée, & ſur-tout entourée de couleurs, plus la loupe groſſit, plus elle étend, plus elle fait paroître ces couleurs, plus elle amplifie tous les défauts. D'un autre côté, comme il n'y a qu'une certaine quantité de lumiere, ſi on l'émouſſe par un groſſiſſement trop fort, la viſion ceſſera d'être diſtincte. Il faut donc augmenter l'ouverture des objectifs pour avoir plus de lumiere, & pour pouvoir groſſir davantage. Mais les trois cauſes d'imperfections, que nous venons de détailler, exigent que la courbure de ces objectifs n'embraſſe qu'un petit nombre de degrés. Des verres foyer plus long, ſans embraſſer plus de degrés, peuvent avoir plus de largeur. Ils donnent donc plus de lumiere, ils permettent d'employer des oculaires plus forts, & les images ſont groſſies en conſéquence.

§. VI.

DANS le tems qu'on s'occupoit ainſi à perfectionner le travail des objectifs, on ne voyoit point de bornes à la longueur des lunettes & aux découvertes du ciel. On penſoit qu'il ſeroit poſſible de voir des animaux dans la lune. Deſcartes l'avoit dit, Hook n'en déſeſpéroit pas. Auzout (*a*) obſerve qu'en ſuppoſant la lune à 60000 lieues de nous, une lunette qui groſſiroit mille fois, rapprocheroit la lune à 60 lieues. Mais il demande quels ſont les animaux & les choſes que l'on peut voir ſur la terre à cette diſtance. Hook (*b*) répondoit qu'il y

(*a*) Mém. de l'Acad. des Scien. T. VII, Part. 2, p. 32.

(*b*) *Ibid.* p. 76. Tranſac. phil. 1665, N°. 4.

objectifs de cent & de cent trente-six pieds que Louis XIV avoit fait faire à Campani, & celui de cent vingt-deux pieds, dont M. Huygens avoit fait présent à la Société royale. En effet un rayon de cette longueur est difficile à diriger, quand il s'agit d'élever une de ses extrémités, tandis que l'œil est placé à l'autre; le poids est un embarras, l'agitation du vent est un obstacle, le moindre déplacement est sensible au bout de ce rayon: on doit à chaque instant perdre l'astre de vue. Les succès étoient alors achetés par la constance & par la fatigue; mais la curiosité humaine est industrieuse, elle essaya de se rendre maîtresse de cet instrument par le moyen des machines. Perrault, Lahire, Dominique Cassini proposerent différens moyens. Le P. Sebastien se servoit d'une vergue égale à la longueur de l'objectif, & soutenue par des cordes. Dominique Cassini employoit un mat surmonté d'une poulie, avec une corde dont les deux bouts étoient attachés au tuyau de la lunette, & qui servoit à lui donner toutes les inclinaisons. Boffa eut une idée assez ingénieuse, c'étoit de dresser perpendiculairement le tuyau de la lunette, & de renvoyer sur l'objectif l'image de l'objet, au moyen d'un miroir incliné & mobile (a). Mais outre plusieurs inconvéniens, cette disposition en a un considérable, qui est l'affoiblissement de la lumiere; il s'en perd environ la moitié dans la réflexion des miroirs. Huygens employa un moyen encore plus simple; c'étoit de supprimer le tuyau de la lunette, d'élever l'objectif à une certaine hauteur, & de se placer soi-même au foyer, avec un oculaire à la main. On suivoit, en changeant de place, le mouvement de l'astre, & le changement du foyer; mais il est aisé de sentir combien les objets environnans devoient distraire l'attention.

(a) Journal des Savans, 1682, p. 411.

Un obſervateur qui a l'œil dans une lunette, eſt ſeul avec ſon objet : ici expoſé à l'air libre, le ciel entier étoit devant ſes yeux; la foible lumiere des aſtres, répandue dans l'atmoſphere, nuiſoit à la viſion; l'attention pour ne pas perdre l'aſtre de vue, pour le retrouver quand on l'avoit perdu, les attitudes gênantes, devoient fatiguer extrêmement les obſervateurs; il falloit voir vîte, parce que l'aſtre paſſe rapidement dans une lunette qui groſſit beaucoup. C'eſt cependant en ſurmontant toutes ces difficultés, qu'ont été faites les découvertes que nous décrirons dans les livres ſuivans; elles n'ont point rebuté des hommes enflammés du deſir de connoître, & ce courage, cette obſtination louable n'eſt pas une petite partie de leur gloire.

§. VIII.

L'ART de meſurer le tems avança & ſe perfectionna tout à coup par une invention mémorable. Huygens avoit trouvé trop de ſecours & de moyens dans des téleſcopes mieux travaillés, & plus forts, pour ne pas chercher des ſecours ſemblables dans la perfection des autres inſtrumens. Il médita ſur les horloges, & il regretta ſans doute que l'uſage de cette belle machine fût ſi borné par ſon inexactitude; il ſe rappela que Galilée avoit employé le pendule à la meſure du tems, mais le pendule ne ſervoit alors que pour de petits intervalles. En peu de tems le nombre des vibrations eſt conſidérable, il eſt difficile de les compter; d'ailleurs l'air réſiſte au mouvement des corps, le pendule, mis en mouvement, diminue peu à peu ſes vibrations, & finit par s'arrêter : voilà les difficultés. Huygens heureuſement ne déſeſpéra pas de ſon génie; il penſa que pour compter les vibrations, il ſuffiſoit d'adapter au pendule un rouage qui portât des aiguilles, & qui marquât ſur un cadran

le nombre des vibrations accomplies ; il ſentit enfin la poſſibilité d'appliquer le pendule aux horloges. Huygens n'avoit alors que vingt-ſept ans ; pour un homme ſupérieur, & qui eſt dans la force de l'âge & du génie, la poſſibilité de l'invention eſt l'invention même. Voici comment il s'y prit ; il emprunta l'idée des palettes du balancier (*a*), leſquelles, en s'engrenant alternativement dans les dents d'une roue, ſervent à retarder la deſcente du poids, moteur des horloges qu'Huygens avoit ſous les yeux. Il appliqua ces palettes à l'extrémité ſupérieure du pendule, il les fit engrainer de même dans les dents d'une roue. Le mouvement de la roue ſe conforme à celui du pendule, une dent échappe à chaque vibration ; & comme les vibrations ſont toujours égales, les pas de la roue ſont toujours uniformes. Galilée s'étoit contenté de remarquer l'iſochroniſme du pendule, il l'avoit employé pour meſurer de très-petites durées, ſans s'embarraſſer en combien de tems chaque vibration étoit accomplie. Il ſavoit cependant que ce tems étoit d'autant plus court que le pendule étoit moins long. Huygens détermina quelle longueur il falloit lui donner pour que chaque vibration fût d'une durée, déjà adoptée pour meſure du tems, telle qu'une ſeconde, la 60e partie d'une minute, la 3600e partie d'une heure, & cette longueur qui force le pendule à battre les ſecondes, eſt de trois pieds, huit lignes & demie. Chaque vibration, chaque pas de la roue s'accomplit donc en une ſeconde, & le cadran, qui par le moyen du rouage montre le nombre des pas de la roue ; montre auſſi le nombre des heures, des minutes & des ſecondes écoulées. Cette invention remédioit en même tems à la ſeconde difficulté qui avoit empêché l'uſage du pendule ; car dans cette

(*a*) *Suprà*, Tom. I, p. 322.

machine, le poids, qui en est le moteur, sollicité à descendre, tend à faire mouvoir la roue, la roue fait un petit effort sur la palette, & restituant au pendule, à chaque vibration, ce qu'il a perdu de mouvement par la résistance de l'air, il continuera de se mouvoir tant que le poids continuera de descendre. Huygens eut l'idée de ce méchanisme en 1656, & il présenta la premiere horloge à pendule aux Etats de Hollande le 16 Juin 1657 (*a*). Cette belle machine d'un usage continuel pour mesurer les intervalles de la vie & les tems astronomiques, est un don que le génie d'Huygens a fait à l'humanité; c'est une des plus ingénieuses inventions dont elle puisse s'applaudir, & par l'heureuse combinaison des idées, & par l'utilité de la découverte. On a voulu la revendiquer en faveur de Galilée ou de son fils (*b*), mais cette réclamation est sans preuve, & l'utilité de l'application du pendule démontre que si elle avoit été faite avant Huygens en Italie, elle ne seroit pas restée pendant vingt ans inconnue & sans usage.

§. IX.

Huygens, profond géometre, étoit trop accoutumé à l'exactitude des conclusions géométriques, pour n'avoir pas quelque scrupule sur l'uniformité de sa nouvelle horloge; cette uniformité étoit fondée sur l'égalité des vibrations du pendule, c'étoit une vérité de l'expérience de Galilée; mais de quelle expérience! On ignore comment ce grand homme avoit pu s'assurer que des oscillations si petites, accomplies dans un si petit tems, le fussent dans un tems égal. L'assertion de Galilée, son expérience ne prouvoit qu'une chose, c'est que les inégalités ne pouvoient pas être saisies par nos sens. Cette égalité

(*a*) *Hugenii horologium*, p. 2.

(*b*) Hist. des Math. T. II, p. 384.

fensible suffisoit à Galilée pour l'emploi du pendule dans un intervalle très-court; mais lorsqu'on vouloit lui faire mesurer des jours, des mois, des années, ces inégalités devoient s'accumuler, & pouvoient cesser d'être insensibles. Huygens demanda du secours à la géométrie; il chercha quelle étoit la courbe le long de laquelle il falloit faire descendre un corps, pour que le tems de la chûte fût toujours le même, quel que soit le point de cette courbe, & la hauteur où la chûte commençât. La géométrie en effet lui en fournit une, c'est la cycloïde (*a*). Cette proposition doit paroître paradoxale, que deux corps roulans sur un plan qui auroit la forme de cette courbe, partis de deux hauteurs différentes, arrivassent en même tems au terme de leur chûte: c'est cependant une vérité incontestable, reconnue par la théorie & par l'expérience. La cycloïde, convenablement disposée (*b*), a sa partie supérieure presque verticale, & sa partie inférieure presque horisontale. Les corps tombent plus vîte par la direction verticale que par une direction inclinée. Le corps qui part de plus haut commence donc sa chûte avec plus de vîtesse; ce n'est pas tout: en conséquence des loix de la chûte toujours accélérée des graves, si le corps parti de plus haut a plus d'espace à parcourir, il reçoit plus d'accélération que le corps parti de plus bas; & ces deux choses, la grandeur de l'espace & l'augmentation de la vîtesse se compensent tellement, que les deux corps arrivent en même tems au bas de la courbe.

§. X.

Mais cette découverte de la théorie étoit d'une application bien difficile; comment faire marcher un pendule le long

(*a*) *Hugenii horologium*, p. 87.

(*b*) L'axe étant perpendiculaire à l'horizon.

d'un cycloïde? Huygens y réussit cependant, & cet effort, quoiqu'il ait été suivi de peu d'utilité, fait trop d'honneur à l'esprit humain pour que nous le passions sous silence. Huygens avoit découvert une espece de courbe engendrée d'une maniere singuliere. Supposons une courbe le long de laquelle on ait plié & couché un fil, si l'on saisit une des extrémirés de ce fil, & qu'on le déplie successivement, cette extrémité décrira une seconde courbe. La premiere d'où le fil se déroule & se déplie, est nommée la *développée* de la seconde. Huygens chercha quelle étoit la développée de la cycloïde, & il trouva que c'étoit encore la cycloïde (a). La cycloïde, en se développant, se reproduit elle-même. Alors Huygens plaça au point de suspension de son pendule, & des deux côtés, deux petites lames de métal auxquelles il donna la forme de cette courbe (b). Il suspendit la verge de son pendule à un fil: dans les vibrations alternatives, le fil se plie & se courbe sur les lames cycloïdales; & en se développant, ce fil ou le pendule qui est son prolongement, ne peut décrire également qu'une cycloïde.

Huygens, par cette suspension savante força donc le pendule de descendre & de remonter, en oscillant le long de cette courbe; mais l'invention, quoiqu'infiniment ingénieuse, quoique produite par des méditations profondes, n'a pas été long-tems suivie. On ne construit plus d'horloges sur ce principe, la pratique a reconnu, la géométrie a démonrré qu'il est inutile. Les petits arcs de cycloïde ne different point des petits arcs de cercle: ceux-ci jouissent des mêmes propriétés, & pourvu qu'un pendule ne fasse que des oscillations peu étendues, elles sont toutes & toujours égales, & le pendule est isochrône.

(a) *Hugenii opera*, Tom. I, p. 183. (b) *Ibid.* p. 30.

§. XI.

On fut donc en possession d'une horloge susceptible de la plus grande exactitude ; l'homme la fait mouvoir d'un mouvement plus égal que celui des astres. On reconnut la nécessité d'employer chaque jour l'équation du tems inégal du mouvement du soleil, découverte par Hypparque. Si cette équation n'avoit pas été connue, les pendules l'auroient manifestée ; mais avec cette correction, nous jouissons de la certitude du tems qui s'écoule. Dans l'usage de la vie, avec peu de soin, on doute à peine des minutes, lorsque les anciens, avec leurs clepsidres, doutoient peut-être des heures. Mais dans l'usage astronomique, en employant les corrections & les attentions nécessaires, on voit des pendules ne pas varier d'une seconde en deux mois, & de cinq secondes en une année *(a)*.

Cependant fort peu de tems après l'invention d'Huygens, on s'apperçut d'une source d'inégalité. Picard en 1669 remarqua que les horloges à pendule retardoient en été, & avançoient en hiver. On en donna alors une mauvaise raison ; voici la vraie : la chaleur dilate tous les corps, elle les étend, elle les alonge ; le pendule devient donc plus long en été, & il ne peut passer ainsi la longueur qui lui a été assignée pour battre les secondes, sans employer plus de tems à ses vibrations ; si ce tems est augmenté d'une soixantieme partie, il ne fera plus à peu près que 59 vibrations en une minute, & à chaque minute l'horloge retardera d'une seconde. Le froid qui resserre les corps, qui diminue leur volume, & accourcit leur longueur, produit des effets contraires, & les horloges avancent en hiver. Pour ne pas revenir sur cette matiere, nous dirons qu'on a imaginé

(a) M. de la Lande, *Astron.* art. 2465.

(b) Hist. de l'Acad. des Sc. T. I, p. 73.

depuis un moyen très-ingénieux de remédier à la variation de la longueur du pendule. On a tiré ce moyen de la cause même de l'inégalité : nous ne surmontons la nature qu'en l'opposant à elle-même. Tous les corps se dilatent, mais comme leur contexture est différente, ils sont inégalement travaillés par la chaleur, ils se dilatent inégalement. Le fer, par exemple, s'alonge beaucoup plus que le cuivre. On a opposé un de ces métaux à l'autre, en formant la verge du pendule de deux lames, l'une de fer, l'autre de cuivre. Comme les dilatations, les alongemens sont en raison des volumes, on proportionne en conséquence les longueurs de ces lames, & quoique les métaux soient différens, les alongemens sont égaux ; alors elles sont disposées de maniere que si la dilatation du fer alonge le pendule, fait descendre la lentille qui le termine, la dilatation du cuivre la remonte aussi-tôt, & de la même quantité. On a depuis varié ces combinaisons & ces moyens ; mais il nous suffit d'avoir indiqué ici le principe, & d'avoir montré comment on peut conserver au pendule la longueur précise d'où dépend sa régularité, malgré les changemens de l'atmosphere où il exécute ses mouvemens, & malgré le froid & la chaleur qui le modifient.

§. XII.

VOILA ce qu'on avoit fait dans ce siecle pour perfectionner le nouvel organe par lequel l'homme s'avance dans l'espace, & l'instrument qui lui sert à mesurer & à décomposer le tems. Il semble qu'il y ait des époques où la nature permet une précision tout-à-fait nouvelle ; elle accumule les moyens de l'atteindre : on pénetre plus avant dans les choses, & il en naît une révolution dans les connoissances. Le pendule étoit un grand

grand moyen de précision, la même époque en vit naître un autre, qui fut le micrometre. Le micrometre, le nom le dit, est un instrument propre à mesurer de petits objets, de petits espaces. Dans l'invention des instrumens circulaires, comme les armilles, les sextans, les quarts de cercle, l'homme va toucher les deux extrémités d'une distance sensible dans le ciel, & la mesurer par l'écartement des rayons visuels, rayons représentés sur l'instrument par les deux alidades. Mais lorsque la distance, ou l'objet sont trop peu sensibles, lorsqu'ils se dérobent à la pince qui veut les saisir, l'homme semble avoir atteint le terme de sa puissance; ses organes, ses mouvemens, ses moyens sont finis, il ne peut se mesurer avec les choses ou infiniment grandes, ou infiniment petites, la nature lui échappe ou par son étendue, ou par sa ténuité; placé comme dans un milieu, son génie a rapproché de lui les deux extrémités de la dimension. Un seul instrument, le microscope, puisque les lunetres ne sont que des microscopes (a), lui avoit rendu ce service. D'un côté, les détails insensibles des choses, les êtres invisibles par leur petitesse, vivans pour l'univers, sans existence pour l'homme, sont créés de nouveau par la puissance de l'instrument, & forcés de s'aggrandir pour se montrer à sa vue; de l'autre, tous les objets perdus dans le lointain de l'espace, les distances serrées, anéanties par l'éloignement, s'aggrandissent par la même puissance, & sa vue peut les parcourir. Si l'homme les voit, il peut les mesurer; si leur étendue est devenue sensible, elle est appréciable. Nous n'avons eu pendant long-tems que la voie de l'estimation; ces essais, en cherchant l'exactitude, annonçoient le besoin d'un instrument qui peut seul la donner. Nous avons vu qu'Hortensius avoit cherché deux étoiles, dont

(a) *Suprà*, p. 101.

la petite diſtance, meſurée par Tycho, fût égale à l'étendue de l'eſpace du ciel découvert dans ſa lunette. Il connut donc cette étendue, qui ſe trouva de 42 minutes; il chercha d'autres étoiles, dont la diſtance encore plus petite, fût une ſubdiviſion de cette étendue ; & enſuite lorſqu'une planete comme Jupiter ſe trouva près de ces étoiles, il compara le diametre de ſon diſque à leur diſtance, pour eſtimer la grandeur de la planete (a). Tout cela étoit pénible & long ; ce n'étoit qu'une eſtimation, & ces trois meſures ſucceſſives avoient chacune leur inexactitude.

§. XIII.

Huygens, deſtiné à perfectionner tous les objets ſur leſquels il s'eſt arrêté, parvint à une eſtimation plus facile & plus exacte, par une remarque heureuſe; il s'apperçut que les objets, qui dans l'intérieur de la lunette ſe rencontroient au foyer de l'objectif & de l'oculaire, étoient vus très-diſtinctement, & groſſis dans la même proportion que les images des choſes extérieures. Cela devoit être ainſi par la nature du téleſcope; images des objets, objets réels, il étoit naturel que la loupe groſsît tout ce qui ſe trouvoit au terme, où elle exerce ſa puiſſance. Mais ce n'eſt pas la premiere fois que l'expérience a montré ce que la théorie devoit voir d'avance, & ce qu'elle n'avoit pas vu. Huygens ſentit toute l'utilité de cette remarque; il imagina de placer dans ce point du foyer un anneau circulaire, & par une ouverture ménagée exprès au tuyau de la lunette, il introduiſit une petite lame de métal, aſſez longue pour traverſer l'anneau, & inégale dans ſa largeur. Au moyen de ſon horloge à pendule, il pouvoit ſavoir combien une étoile employeroit de ſecondes pour parcourir le diametre de cet anneau ; & comme à chaque ſeconde de tems répond un eſpace de 15 ſecondes du cercle de

(a) *Suprà*, p. 163.

l'équateur, il en concluoit combien de minutes & de secondes répondoient dans le ciel à l'étendue du champ de son anneau. Cela fait, avec un compas très-fin, il mesuroit le rapport de son diametre aux différentes largeurs de la petite lame; il savoit donc assez exactement quel étoit l'espace du ciel caché par ces différentes largeurs; & après toutes ces mesures préliminaires, quand la lame étoit replacée dans la lunette, il ne s'agissoit plus que d'estimer, à quelle largeur pouvoit répondre le diametre de telle ou telle planete (a); idée tout-à-fait ingénieuse, & qui donne à Huygens l'invention du micrometre. La méthode d'Hortensius en contenoit le germe; Huygens apperçut ce germe, & le développa.

§. XIV.

C'ÉTOIT en 1659 qu'Huygens publioit cette idée. Le marquis Malvasia, vers 1662 en Italie, y fit un changement, d'abord peu utile; ce n'étoit encore qu'un moyen d'estimation, mais il mit sur la voie d'un moyen plus exact. Au lieu de l'anneau & de la lame de métal qu'Huygens plaçoit au foyer de la lunette, il y plaça un chassis garni de fils d'argent très-déliés, qui tendus d'un côté à l'autre, & se croisant à angles droits, partageoient ce chassis en un nombre de petits quarrés égaux, l'un desquels étoit encore subdivisé en plus petits carreaux, par de nouveaux fils. La grandeur du chassis étoit déterminée de même que celle de l'anneau d'Huygens. Le rapport de ces petits quarrés au chassis étoit connu; on pouvoit donc leur comparer le diametre d'une planete, & mesurer sa grandeur par le nombre de ces espaces, ou de leurs subdivisions (b). Cet instrument avoit un avantage que n'eut point la lame d'Huygens,

(a) *Hugenii opera*, p. 593.

(b) Malvasia, *Ephémérides*, p. 196. Mémoires de l'Académie des Sciences, 1717, p. 238.

c'eſt que tout le champ de la lunette étoit partagé en parties connues, & que lorſque deux étoiles s'y rencontroient en même tems, leur diſtance mutuelle pouvoit être évaluée. Cette diſpoſition donne à M. Malvaſia une grande part à la perfection de cet inſtrument. Mais on conçoit que l'objet, le diſque de la planete, la diſtance des étoiles, n'étoient preſque jamais contenus exactement dans un ou dans pluſieurs de ces carreaux, le reſte s'eſtimoit à peu près. Pour parvenir à la préciſion des meſures, il falloit un changement important, & ce fut Auzout qui le fit (*a*). C'eſt Auzout qui donna à cet inſtrument l'exactitude rigoureuſe, ou du moins l'exactitude dont les moyens humains ſont ſuſceptibles; & comme nous n'avons pas d'autre but dans les ſciences, celui qui atteint ce but, a fait le plus pour elles. De cette multitude de fils, Auzout n'en laiſſa ſubſiſter que deux (*b*), l'un fixe & traverſant toute l'étendue du chaſſis, l'autre parallèle & mobile, qui au moyen d'une vis ſe rapprochoit toujours parallèlement, pour venir embraſſer l'eſpace du diametre de la planete; il n'y avoit pas de plus ou de moins : l'eſpace étoit ſaiſi par ces deux extrémités, & pouvoit toujours être comparé au champ de la lunette, déterminé comme le faiſoit Huygens. Cet inſtrument eſt fondé ſur le même principe que les grands inſtrumens circulaires dont les alidades vont, par le prolongement de la vue, toucher & enfermer l'eſpace qu'on veut meſurer. Ici c'eſt une pince plus fine qui ſerre de plus près. Il eſt évident que pour avoir l'idée, ou, ſi nous oſons le dire, la ſenſation meſurée de ces intervalles encore petits, quoiqu'amplifiés par le téleſ-

(*a*) M. de Fontenelle lui aſſocie Picard, Mémoires de l'Acad. des Sciences, Tom. I, page 7.

(*b*) *Voyez* (*fig.* 13). Lorſqu'on veut meſurer le diametre de la planete A, on place un de ſes bords ſur le fil fixe, & on amene le fil mobile KL en *kl*, de maniere qu'il touche l'autre bord ; ce fil marche par le moyen de la vis DC, qui en même tems fait mouvoir l'aiguille S. Les diviſions du cadran montrent le chemin que le fil a fait, & la quantité de l'eſpace meſuré.

cope, il falloit un organe flexible & mobile qui pût s'accommoder à leur petiteſſe. C'eſt une main délicate, qui touche tout ce que l'œil peut appercevoir; appliquée ſur ces objets déliés, elle joint ſon rapport à celui de la vue. L'homme ne connoît les choſes qu'à proportion du nombre de ſes ſens qu'il peut leur appliquer. Le téleſcope, en dévoilant les détails du ciel, a conduit notre œil dans les hautes régions de l'univers, l'homme y ſemble tranſporté tout entier par l'inſtrument qui ſoumet ces détails au tact, c'eſt-à-dire, au plus intime de nos ſens, & preſque le ſeul qui ne s'exerce point à diſtance.

§. XV.

AUZOUT communiqua ſon invention à toute l'Europe; les premieres meſures obtenues de ce nouvel inſtrument furent imprimées dans les tranſactions philoſophiques (*a*). C'eſt alors que l'Angleterre éleva ſa réclamation en faveur de Gaſcoigne; cet aſtronôme dont nous n'avons point parlé, parce qu'il n'a rien publié, vivoit du tems d'Horrox & de Crabtrée; jeune & plein de génie comme eux, enlevé comme eux à la fleur de l'âge par le fléau des mêmes guerres civiles. M. Townley, en 1667, réclama pour ſon compatriote (*b*). M. Bevis revint ſur cet objet en 1753, après avoir trouvé une lettre originale de Gaſcoigne, écrite en 1640, où l'on voit que cet ingénieux aſtronôme s'étoit ſervi du micrometre pour meſurer les diametres des planetes (*c*). On ne peut ſe refuſer à ces témoignages adoptés par la Société royale, & à cette juſtice qui illuſtre la mémoire de Gaſcoigne; on voit ce qu'il auroit pu faire, s'il n'avoit pas été enlevé à vingt-quatre ans. Cependant cette priorité de date n'enleve point à la France l'honneur de l'invention, les

(*a*) Tranſactions philoſophiques, 1666, N°. 21.

(*b*) *Ibid.* 1667, N°. 25.

(*c*) *Ibid.* 1753, N°. 190.

Anglois diront, le micrometre de Gascoigne, les François, le micrometre d'Auzout; mais pour l'Europe, pour la science, Auzout sera le véritable inventeur. Ce n'est point la prévention nationale qui nous conduit; lorsque nous écrivons l'histoire des sciences, elles appartiennent à tous les pays, nous sommes citoyens du monde: mais une considération importante nous décide. Les idées, les inventions naissent à l'époque d'une certaine maturité; souvent le besoin, la nécessité les appellent; il est donc naturel que les esprits se portent vers ces idées nécessaires aux progrès attendus: c'est pourquoi il existe tant de prétentions & tant d'inventions disputées. En supposant des droits égaux, à qui des concurrens appartiendra la gloire? Qui méritera la reconnoissance de la postérité, si ce n'est celui qui publie le premier? On célèbre les gens qui nous font jouir, on oublie ceux qui ont été avares.

§. XVI.

La précision obtenue dans les petites mesures n'existoit pas encore dans les grandes; il s'en falloit bien que les sextans & les quarts de cercle, destinés à mesurer les angles des distances & des hauteurs des astres, pussent les prendre avec la même exactitude. Les anciens, en se servant des alidades, dirigeoient la vue suivant leur longueur, mais il étoit facile qu'elle s'écartât, & il en naissoit des erreurs considérables. Hypparque y ajouta des pinnules *(a)*, pour conduire le regard; Tycho les perfectionna *(b)*. Mais les erreurs n'étoient pas totalement détruites, ou du moins restoient trop grandes pour les moyens pressentis de la perfection nouvelle. Cette perfection devint générale par l'application des lunettes aux quarts de cercle & à tous les grands instrumens. Les lunettes sont les meilleures pinnules,

(a) *Suprà*, Tome I, p. 59. *(b)* *Ibid.* p. 719.

on les adopta aux inſtrumens en place des alidades ; elles ont le même objet, elles en rempliſſent la fonction, qui eſt de diriger le regard. Une ſeule attention eſt néceſſaire ; il faut que l'axe de cette lunette, la ligne qui la traverſe dans ſa longueur & dans ſon milieu, faſſe exactement avec la ligne à plomb, avec la verticale, l'angle marqué par les diviſions du limbe ; mais il eſt des moyens de vérification pour reconnoître le parallélisme de la lunette, & pour tenir compte du défaut qui n'en eſt plus un quand il eſt reconnu.

Dans l'intérieur de la lunette, au foyer des verres, on plaça deux fils d'argent, ou deux cheveux en croix, qui par leur interſection, marquerent aux yeux le centre de l'ouverture de la lunette, & devinrent un point de reconnoiſſance, un point fixe & déterminé, qu'on pouvoit diriger à un point remarquable de l'objet, lorſque cet objet avoit une étendue ſenſible. On y pointoit donc avec la plus grande juſteſſe ; car il n'y en a point de plus évidente que l'application d'un point ſur un autre point. On voit ici les progrès rapides d'une ſcience par une ſeule invention, & ſur-tout la perfection étonnante & tout à coup acquiſe de la pratique. D'un ſeul pas, la pratique, qui tient à l'exercice de nos ſens, qui eſt appuyée ſur des inſtrumens matériels, avoit preſque atteint l'exactitude mathématique. L'induſtrie humaine ôtoit au phyſique tout ce qu'elle peut lui enlever, pour l'approcher des abſtractions où ſe trouve cette exactitude. Les cercles de la géométrie ſont des lignes ſans largeur, les points ſont ſans étendue. Dans les inſtrumens anciens, placés dans le plan des cercles céleſtes, le limbe qui repréſentoit ces cercles, avoit une épaiſſeur néceſſaire pour la ſolidité. L'aſtre reſtoit donc un tems ſenſible dans un cercle ſans largeur, & qu'il doit paſſer en un inſtant indiviſible ; l'attouchement de l'aſtre & de ce cercle ſe faiſoit

avec la même incertitude. Si c'étoit une étoile, elle paroissoit revêtue de rayons, elle avoit une grandeur illusoire & empruntée; si c'étoit une planete, l'œil nu ne pouvoit distinguer son disque & ses parties, ni l'une ni l'autre n'offroient de point remarquable qu'on pût choisir pour déterminer l'instant de l'attouchement, & pour employer toujours le même point dans des cas pareils. Dès que les lunettes furent appliquées aux quarts de cercle, la croix des fils ou des cheveux représenta deux cercles célestes; un cheveu n'a pas plus d'un cinquantieme de ligne d'épaisseur, on ne peut approcher davantage de l'aparence d'une ligne sans largeur. Tandis que les cercles célestes étoient dépouillés de leur représentation grossiere & matérielle, le volume emprunté des étoiles étoit réduit à la réalité, à un point indivisible, le volume réel des planetes étoit amplifié, leurs différens points étoient séparés & visibles. L'art d'observer profita de ces effets de l'instrument, qui étoient autant de pas vers la vérité, il s'aida des détails offerts à la vue. On vit dans la lunette l'étoile comme un point brillant, la planete revêtue d'un disque large & sensible, s'avancer vers le cercle céleste sans largeur; on vit ou l'étoile, ou le bord du disque l'atteindre, & l'attouchement se faire par une application de point à point.

§. XVII.

Cette perfection ajoutée aux instrumens, cette exactitude dans la pratique, influa sur toutes les observations, & d'une maniere assez marquée pour produire une révolution. Les observations présentes ne furent presque plus comparables aux observations anciennes, même à celles de Tycho; pour les employer dans certains cas, on prend garde si elles rachetent leur incertitude par leur ancienneté. Il faut donc recommencer toutes les déterminations

déterminations, &, comme nous l'avons annoncé en commençant cet ouvrage (*a*), élever un nouvel édifice sur les débris de l'ancien. Cette révolution, l'idée de cette application heureuse fut, ſelon les uns, le bienfait de Picard & d'Auzout (*b*). Car on trouve ſouvent leurs noms aſſociés; & cette communauté de biens qu'aucune loi n'établit, & dont l'amour propre eſt l'ennemi, fait toujours honneur aux gens de lettres (*c*). Selon d'autres, l'idée appartient à Roberval (*d*). Mais quoi qu'il en ſoit de l'inventeur, l'idée eſt françoiſe, c'eſt chez nous que s'eſt opérée la révolution, qui a changé la face de l'aſtronomie, & qui a amené des progrès inespérés. Nous avons des obſervations du 2 Octobre 1667, faites avec un quart de cercle garni de lunettes (*e*). Les Anglois réclamerent encore cette invention en faveur de Gaſcoigne (*f*). Cette idée étoit digne d'un génie qui donnoit les plus grandes eſpérances; on la retrouva en effet dans ſes papiers; mais elle fut ſtérile, elle ſe perdit par ſa mort, comme celle du micrometre. Nous n'avons pu la connoître avant les Anglois, & quand ils l'ont retrouvée, nous en étions déjà en poſſeſſion. Ce ſont les premieres obſervations qui font foi, parce que ce ſont des faits; au reſte dans ce jugement, que la qualité d'hiſtorien nous force de porter, nous proteſtons que nous n'avons eu en vue que la vérité & la juſtice.

§. XVIII.

TOUS ces grands progrès de la ſcience, tous ces moyens

(*a*) Hiſt. de l'Aſtron. anc. Diſc. prélim.

(*b*) M. le Monnier, *Hiſt. céleſte*, p. 1. Weidler, p. 531. M. de la Lande, *Aſtr.* art. 561 & 2310.

(*c*) Picard a décrit ſon invention dans ſon traité de la figure de la terre; il n'y parle point d'Auzout. Mais la Hire l'ayant conſulté ſur la date & l'auteur de cette invention, il répondit qu'Auzout y avoit beaucoup de part. La Hire, *Mém. de l'Acad. des Scien.* 1717.

(*d*) M. de la Lande, *Aſtron.* art. 561.

(*e*) M. le Monnier, *Hiſt. céleſte*, p. 11.

(*f*) Tranſ. philoſ. 1717, N°. 352.

de perfection avoient cependant dépendu de l'invention des lunettes, présentée par le hasard à un lunetier qui faisoit des essais, ou même à ses enfans jouans près de lui. Ces dons, qui sont de la nature ou du hasard, c'est le génie qui les emploie, ce sont les applications heureuses & multipliées qui font l'honneur de l'esprit humain; il rend à la nature au centuple, comme l'épi, ce que la nature lui a donné. Mais lorsqu'il se signale par la fécondité des vues, par le nombre des applications, on ne comprend pas qu'il reste en si beau chemin; on est étonné qu'une application facile, & pour ainsi-dire, sous la main, lui échappe pendant de longues années. Cette époque en présente un exemple sensible. On avoit introduit le micrometre dans les lunettes pour mesurer de petits espaces, on avoit substitué dans les instrumens les lunettes aux alidades; il paroissoit naturel que ces lunettes fussent garnies de micrometres: cependant ces deux inventions resterent séparées; les lunettes des quarts de cercle furent long-tems sans micrometre; quoique cette addition fût du plus grand avantage. L'application de ces lunettes, l'intersection des fils, qui donne un moyen facile & sûr de pointer à un astre ne suffit pas encore: si c'est une hauteur sur l'horizon, ou la distance de deux astres, le nombre des degrés est marqué sur le limbe de l'instrument; cette hauteur, ou cette distance, ne peut que rarement être mesurée en degrés, il faut avoir recours aux subdivisions & aux transversales, au Nonnius, qui donnent les plus petites (a). Tant de divisions sur un seul limbe, exécutées par un seul ouvrier, ne peuvent être également soignées; il en naît une infinité de défauts: d'ailleurs ces subdivisions sont serrées; partout où il y a confusion, il peut y avoir erreur. Lorsque les lunettes sont garnies de micrometres,

(a) *Suprà*, Tom. I, p. 367.

il n'eſt pas néceſſaire qu'il y ait tant de diviſions ſur le limbe, l'ouvrier peut y mettre plus de ſoin ; elles peuvent être vérifiées les unes après les autres par l'obſervation (a) : & quand on a placé le fil à plomb ſur la diviſion la plus prochaine de la hauteur qu'on veut obſerver, ſi l'aſtre ſe trouve au centre de la lunette, le fil marque la hauteur préciſe ; mais ſi l'aſtre ne s'y trouve pas, comme cela arrive le plus ſouvent, on va le chercher avec le fil mobile, avec le *curſeur* du micrometre ; & par le moyen d'une échelle graduée, on connoît le chemin que ce curſeur a fait, l'eſpace du ciel qui y répond, pour l'ajouter à la hauteur marquée par la diviſion du limbe. Cette application des micrometres ſemble facile, elle tient néceſſairement aux deux autres inventions ; on croit qu'elle a dû moins coûter à l'eſprit humain. Cependant elle n'a été faite que quarante-ſept ans après les deux autres, & on la doit au chevalier de Louville, qui en eut l'idée en 1714, idée qui perfectionna la pratique de la ſcience (b).

§. XIX.

Ce qui eſt bien extraordinaire, c'eſt que l'application des lunettes aux inſtrumens d'aſtronomie, quoiqu'elle eût une utilité ſenſible, ne fut pas d'abord généralement adoptée ; cette invention, digne d'éloges, fut combattue par les raiſons même d'utilité qui devoient la faire adopter ; elle donnoit un moyen plus facile & plus sûr de pointer à quel point d'un aſtre on vouloit ; elle aſſuroit la direction de la vue ; on crut que les alidades & les pinnules étoient plus exactes. De célebres aſtronômes & de grands obſervateurs s'obſtinerent à les conſerver. Hévélius étoit à la tête de ces oppoſans, Hévélius, qui étoit

(a) *Infrà*, Liv. VII, §. 14.

(b) Mém. Acad. Sci. année 1714, p. 69.

alors en effet le plus grand observateur de l'Europe. Il rejetoit la perfection nouvelle comme inutile, & il prétendoit le prouver par l'exactitude de ses observations. Mais il est quelquefois une exactitude, qui, dans les résultats, naît du hasard des compensations; un homme éclairé ne doit compter que sur l'exactitude évaluée & démontrée par la nature des instrumens & des choses. On disoit qu'en adoptant cette nouvelle méthode, on auroit l'air de condamner celles qu'on avoit suivie jusqu'alors, qu'il faudroit renoncer presque totalement à l'usage des observations anciennes, qui ne seroient plus d'accord avec les observations présentes. Ici en refusant la méthode, on avouoit sa supériorité; mais c'est une singulière raison de refus, que celle de garder des moyens imparfaits pour conserver l'uniformité de savoir ou d'ignorance. C'est sans doute une grande opération que le renouvelement presque total d'une science; mais il faut avoir le courage de sacrifier le passé à l'avenir, & de détruire une partie de la maison de ses ancêtres, pour la rebâtir sur de meilleurs fondemens. Ce refus d'Hévélius avoit un motif personnel, les hommes, en aimant les sciences, y mêlent l'amour d'eux-mêmes. Hévélius avoit la plus belle collection d'instrumens anciens qu'on eût vue en Europe depuis Tycho; il avoit consumé sa jeunesse & trente années de sa vie à faire des observations avec ces instrumens, il avoit cherché à égaler, ou même à surpasser Tycho par la précision; il croyoit avoir accru & completté le trésor laissé par ce grand homme, pour servir de base à l'astronomie moderne, & aux recherches futures. La méthode nouvelle lui ravissoit cette espérance; il sentoit qu'il alloit être effacé. Ces motifs qu'on ne s'avoue point, qu'on ne devine peut-être pas soi-même, sont dans la nature. On s'identifie avec ses recherches, avec ses déterminations, avec ses instrumens, qui ont été les moyens de la gloire : renoncer

à tout cela, c'est renoncer à soi-même. Eh qu'on ne se plaigne point de cette foiblesse humaine ! elle est utile au monde. Si l'on ne regardoit pas son ouvrage comme son enfant, si on n'y imprimoit pas l'amour de soi, quel attrait auroit le travail ? qui dévoueroit sa vie à des recherches pénibles pour des résultats incertains, & pour des contemporains ingrats ? L'esprit produit, comme l'homme lui-même, par un penchant invincible ; il aime son ouvrage & son enfant, parce que c'est une portion de son être ; il le préfere à tout, & il le défend par le même penchant, par le même amour propre qui le lui fit produire.

§. XX.

On n'eut point cet embarras & ces regrets en France, on n'eut point à sacrifier les anciens instrumens, on n'en avoit pas. *Sire*, disoit Auzout à Louis XIV en 1664, *c'est un malheur qu'il n'y ait pas un instrument à Paris, ni que je sache dans tout votre royaume, auquel je voulusse m'assurer, pour prendre précisément la hauteur du pôle* (a). L'Italie & l'Angleterre n'en étoient pas mieux fournies (b) ; Flamsteed commença ses observations en 1670 avec un sextant que lui procurerent le zele pour les sciences & l'amitié du chevalier Moor (c). Mais cette disette ne nuisit point à l'invention. Ce qu'il y a de singulier, c'est qu'on perfectionna les instrumens lorsqu'on n'en avoit pas ; on rectifia l'idée de leur construction avant de les fabriquer. L'industrie n'est pas dans l'abondance, elle est dans le besoin. Lorsque Louis XIV donna à son académie naissante les secours des dépenses royales, le génie avoit déjà ses vues pour en faire l'emploi. Les premiers instrumens ont été un sextant de six pieds, & un quart de cercle de neuf pieds & demi de rayon, ils furent

(a) Auzout, *Ephem.* Epit. dédic. au Roi.

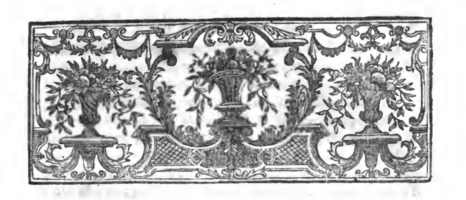
(b) M. de la Lande, *Astron.* art. 2309.

(c) Flamsteed, *Hist. cél.* Tom. III, Prol. p. 102 & 103.

garnis de lunettes (*a*). Louis XIV & Charles II, qui fonderent ensemble leurs académies, éleverent presque en même tems des observatoires; l'un à Paris, à l'extrémité du fauxbourg Saint-Jacques, commencé en 1667, fut achevé en 1671; l'autre à deux lieues de Londres, à Gréenwich, fut construit vers 1676 (*b*). L'Académie jugea à propos d'orienter le bâtiment de l'observatoire de Paris; elle ne savoit peut-être pas que cette disposition si naturelle dans cette occasion, avoit été jadis un usage général & presque aussi ancien que le monde. En conséquence le 21 Juin 1667, les observations nécessaires se firent, dit M. de Fontenelle, avec une sorte de pompe & de cérémonie. On tira une méridienne & huit azimuths; on y mit tout le soin que pouvoient inspirer des conjectures si particulieres; on observa la hauteur du pôle, la déclinaison de l'aiguille aimantée, & toutes ces observations furent la consécration du lieu; on en frappa une médaille avec ces mots : *sic itur ad astra* (*c*).

Le bâtiment de l'observatoire royal a 26 toises de face du levant au couchant, & 19 du nord au sud, 14 toises de hauteur, & les fondemens, qu'il a été nécessaire de rendre infiniment solides, ont une profondeur égale à son élévation (*d*). L'édifice est flanqué de deux tours octogones, destinées particulierement aux observations, & il est surmonté d'une terrasse, où l'on peut faire celles qui demandent plus d'espace & de liberté. L'édifice est percé dans sa hauteur jusqu'au fond des caves, sans doute dans le dessein de voir plus facilement & en plein jour les étoiles qui passent par le zenith. C'est dans ce lieu, c'est à Gréenwich que se développerent toutes les ressources de l'art d'observer & les méthodes que nous allons décrire dans le livre suivant.

(*a*) M. le Monnier, *Hist. céleste*, p. 11.
(*b*) Flamsteed, *Hist. cél.* T. III, p. 103.
(*c*) Hist. Acad. Scien. Tom. I, p. 29.
(*d*) Il est remarquable que cette égalité entre la hauteur de l'édifice & la profondeur des fondemens, se trouvoit également dans l'obélisque élevé & placé à Rome par Auguste, pour servir de gnomon; *Suprà*, T. I, p. 499.



HISTOIRE
DE
L'ASTRONOMIE MODERNE.

LIVRE SEPTIEME,

Des Méthodes d'observer.

§. PREMIER.

Le bâtiment de l'observatoire est un monument plutôt de grandeur que d'utilité. L'astronomie n'a pas besoin de ce luxe, mais il est utile en ce qu'il marque l'attention & l'encouragement des Rois. Il ne faut à l'astronomie qu'une tour ronde, assez élevée pour découvrir le contour entier de l'horizon, assez spacieuse pour y placer, pour y faire mouvoir sans gêne les instrumens nécessaires. On a imaginé de la couvrir d'un toît conique & mobile, il suffit d'y pratiquer une ouverture longitudinale ; le toît tournant conduit cette ouverture à la

volonté de l'obſervateur, & ſur la partie du ciel où il a beſoin de porter ſa vue. Au milieu de la tour eſt placé un quart de cercle mobile, deſtiné à ſe diriger vers tous les points de la voûte céleſte, & à marquer la hauteur des aſtres qui s'y rencontrenr. Dans le ſens du méridien le mur eſt ouvert; on y place un autre quart de cercle nommé *mural*, parce qu'il eſt ſolidement & invariablement attaché à ce mur. Cet inſtrument, & ſur-tout le fil délié qui traverſe verticalement l'ouverture de la lunette eſt deſtiné à repréſenter le méridien; des lunettes de toutes grandeurs, de différentes forces, ſimples ou garnies de micrometres, ſont diſperſées & ſuſpendues. Près de l'obſervateur ſont les pendules; il voit de l'œil le mouvement des aiguilles, il entend le bruit de l'échappement à chaque vibration. C'eſt là que l'aſtronôme eſt debout, attentif à tous les phénomènes; il devient le centre du monde, le ciel roule autour de lui, & la nature eſt en mouvement pour ſe développer à ſes regards. Nous allons l'obſerver lui-même, nous ſuivrons, nous peindrons ſes opérations; nous ſouhaitons que les jeunes gens, qui ſe deſtinent à l'aſtronomie, trouvent ici le tableau de leurs devoirs & l'emploi de leurs veilles; ceux qui ne s'y deſtinent pas, mieux inſtruits, ceſſeront de s'étonner, & commenceront à croire aux réponſes de la nature, en jugeant eux-mêmes la maniere dont on l'interroge.

§. II.

Celui qui entre dans ce ſanctuaire, doit être dévoué ſans réſerve au ſervice d'Uranie. C'eſt la déeſſe dont il eſt le prêtre, & dont il rend les oracles; mais ces oracles ſont obtenus, arrachés par ſon aſſiduité; il n'a de relâche que les jours ſombres & triſtes, les momens où la nature ajoute à tous ſes voiles celui des nuages; ſa journée eſt interrompue, coupée par différentes

différentes obſervations; le ſoleil l'occupe le matin, à midi, le ſoir; & lorſque cet aſtre diſparoît, les autres planetes, les étoiles ſe découvrent pour amener d'autres travaux. Les aſtronômes ſouvent ſe les partagent, mais celui qui les embraſſe tous doit avoir un corps de fer : il faut que le zele de la ſcience l'éveille à des momens marqués dans la nuit; il faut que ce zele le défende du ſommeil, s'il doit veiller pendant la nuit entiere; il faut que ces veilles ſoient répétées, s'il ſe conſacre au travail ſuivi & renouvelé toutes les nuits de l'obſervation des étoiles; & cela l'œil attaché à la lunette, l'oreille à la pendule, debout, ou le corps plié, ſouvent couché, regardant le zenith, malgré le froid des nuits & des hivers, malgré la fatigue & les dangers de l'inſomnie! Voilà la vie preſque nocturne des aſtronômes; ce fut la vie de Tycho, d'Hévélius, de Flamſteed; c'eſt celle qui a preſſé la mort & la perte prématurée de M. l'abbé de la Caille, d'un maître que nous pleurons encore, & que la ſcience, la vertu & l'amitié regrettent avec nous. Ces fatigues ſont les plus grandes dans la partie de l'Europe, où l'aſtronomie a été le plus particuliérement cultivée. Coppenhague, Dantzick, Londres, Paris, où ont vécu ces obſervateurs célebres, ont un ciel changeant comme les hommes. Les belles nuits ſont ſouvent iſolées, & ne ſe ſuivent que dans quelques intervalles aſſez courts de l'année; le reſte des nuits eſt couvert d'un crêpe, ou n'a que des momens. Il faut donc épier ces momens, & l'inconſtance du ciel, qui devient favorable à l'obſervateur. La plupart des obſervations ſont ainſi dérobées; c'eſt la conſtance, le zele, & ſur-tout le tems qui les aſſemble pour fonder un corps de doctrine. Mais l'activité naît peut-être de ces obſtacles; l'homme ſemble n'avoir de ſuite dans ſa recherche que pour ce qui ſe refuſe à lui: en tout genre, les efforts ſe

proportionnent à la néceſſité. Le Hollandois tranquille au bord de la mer, ſouvent plus élevée que lui, s'en eſt rendu le maître; l'Italien, dans ſes climats fortunés, diſpute encore avec les fleuves qui les fertiliſent. Les faits démontrent que l'aſtronomie, adoptée dans les beaux climats, n'y a point reçu de progrès. C'eſt que les aſtres n'y ſont ni cherchés, ni deſirés; ce ſont des objets de tous les jours, ou plutôt de toutes les nuits. L'habitude amene l'indifférence & l'oubli; la nature a tout compenſé, la facilité par la pareſſe, la difficulté par l'obſtination & l'ardeur du génie. L'Indien conſerve comme un tréſor les Tables aſtronomiques conſtruites dans des climats plus durs, mais il ne les rectifie point ſur le ciel auquel il ne ſonge gueres. Le Perſan va s'endormir ſur ces terraſſes où l'atmoſphere toujours calme, porte une fraîcheur douce & ſalutaire, où le ciel invite à veiller par la pureté de ſon azur, par la multitude de ſes points étincelans. Une ſphere éclatante ne cauſe cependant ni diſtraction, ni inſomnie, tandis que l'Européen, ſur-tout l'Européen du nord lutte contre l'inclémence des ſaiſons, multiplie les peines & les efforts pour une jouiſſance fugitive, épie le moment où les nuages s'entrouvrent, ſaiſit la vérité à la dérobée, & lit dans le livre de la nature par intervalles, & comme on lit à la clarté des éclairs.

§. III.

Entrons dans l'obſervatoire, la nuit eſt commencée, ſuivons les opérations de l'obſervateur, imitons ſon ſilence. On ne doit entendre que le foible bruit de la pendule, il ne faut d'autre mouvement que celui des aſtres: on contemple les détails des choſes, on veut ſaiſir l'inſtant qui va s'échapper pour ne jamais revenir; la penſée doit être immobile, & l'ame attachée à l'organe de la vue. La figure, la grandeur, le lieu,

le mouvement, la diſtance des aſtres, voilà ce que l'aſtronôme ſe propoſe de découvrir, voici ſes moyens.

Le premier inſtrument dont il fait uſage eſt le téleſcope. Cet inſtrument a rapproché les mondes divers; il les conſidere avec cette intelligence qu'il a reçue de Dieu pour dominer la nature. Le téleſcope lui montre que les étoiles ne ſont que des points lumineux ſans étendue ſenſible, les planetes des objets ronds; leur apparence eſt celle d'un diſque, leur forme eſt celle d'une ſphere; leur face eſt ſemée de taches, d'abîmes & d'aſpérités; les anneaux, les ſatellites ſe manifeſtent, & toutes les vérités que vient de révéler Galilée, & que Dominique Caſſini va reveler encore. Mais ſi de la forme on veut paſſer à la grandeur, il ne ſuffit plus de conſidérer un objet iſolé; la grandeur eſt relative, elle n'exiſte que par la comparaiſon. La lunette ſimple & nue ne peut comparer que des objets voiſins, encore par une eſtimation toujours incertaine. Il faut que la mémoire conſerve l'image d'un objet, pour l'appliquer ſur l'image préſente d'un autre objet; & ces images, ces traces du cerveau s'alterent dans l'intervalle, on a beſoin du micrometre. La meſure eſt exacte, parce qu'elle eſt ſaiſie par des fils déliés, mobiles, & d'une marche réguliere. Elle ſe conſerve ſur les diviſions de l'inſtrument, dont la mémoire vaut mieux que la nôtre; & lorſqu'on a fait une ſeconde meſure, le rapport des diviſions donne le rapport des grandeurs. On a meſuré ſucceſſivement toutes les planetes, l'étendue de l'anneau de Saturne, la largeur de ſes anſes. Les ſatellites de Jupiter, qui l'enveloppent dans leur orbe circulaire, nous ſemblent s'éloigner de lui par un mouvement rectiligne vers la droite ou vers la gauche de ſon diſque, c'eſt ce qu'on appelle leurs *digreſſions*; on a meſuré ces digreſſions, en les comparant au demi-diametre du diſque de Jupiter. Mais ces rapports des grandeurs des planetes ne nous apprennent que

des apparences. La lune mesurée est aussi grande, ou plus grande que le Soleil; nous savons bien que cela n'est pas: Vénus paroît plus grande que Jupiter, parce qu'elle est plus proche. Pour avoir le rapport des grandeurs réelles, il faudroit donc voir tous ces astres à la même distance de la terre, ou joindre la mesure de leurs distances à celles de leurs apparences, pour les réduire toutes par le calcul à ce qu'elles seroient, si toutes les planetes étoient vues à une distance égale. Mais cette connoissance tient à la parallaxe, & la parallaxe au mouvement. Si tous les astres étoient immobiles, l'ordre de l'univers seroit inconnu, les distances mutuelles inaccessibles. Il faut donc observer le mouvement des astres, avant de chercher leur parallaxe & leur distance.

§. IV.

Dès que les astres se meuvent, dès qu'il y a changement dans le spectacle du ciel, il faut dater les observations, & marquer le tems, pour connoître la durée & l'époque du retour des changemens. La connoissance du tems est donc fondamentale; & ce n'est pas celle des années, des mois & des jours, à laquelle se bornoient les anciens, c'est celle de la minute, & le plus souvent de l'instant indivisible. C'est à cette connoissance que tient l'exactitude; nous n'aurions pu y prétendre sans l'application du pendule aux horloges, sans cet admirable instrument inventé par Huygens. Il a déterminé lui-même qu'en donnant au pendule une longueur de trois pieds huit lignes & demie, il feroit 60 vibrations par minute, 3600 par heure, & 86400 par jour. Le jour artificiel de ving-quatre heures est l'intervalle entre le passage du soleil au méridien, & son retour le lendemain au même méridien. Il

ſuffit donc, pour régler la marche de la pendule, de s'aſſurer qu'elle faſſe 86400 vibrations, qu'elle marque exactement vingt-quatre heures dans cet intervalle, & même il ſuffit, pour en tenir compte, de connoître les légeres quantités dont elle s'en écarte. Nous avons dit que le ciel eſt une horloge perpétuelle; il faut donc comparer l'heure du ciel avec l'heure de l'horloge, pour la rectifier. La plus ancienne des méthodes exactes conſiſte à obſerver la hauteur des aſtres. Dès que la poſition d'une étoile eſt connue, dès que le lieu du ſoleil dans l'écliptique eſt donné par les étoiles, on peut toujours calculer l'heure vraie à laquelle l'étoile, ou le ſoleil, aura telle hauteur préciſe (*a*). Si cette hauteur a été obſervée avec le quart de cercle, ſi on a ſaiſi l'inſtant marqué par l'horloge, la différence de l'heure calculée, avec l'heure de l'horloge, donnera le tems dont cette horloge avance ou retarde.

§. V.

On ſentit cependant qu'il y avoit des moyens plus directs pour régler la pendule. Puiſque le ſoleil détermine le jour, puiſque le jour aſtronomique commence & finit à midi, il étoit naturel d'attendre le ſoleil au méridien, & de lui demander le commencement & la fin d'un jour qui eſt ſon ouvrage. On penſa que la premiere de toutes les opérations étoit de tracer la ligne méridienne; cette ligne, le plan vertical du méridien qu'elle repréſente, eſt celui où le ſoleil & tous les aſtres s'élevent à la plus grande hauteur ſur l'horizon. Le mouvement diurne depuis l'horizon juſqu'au méridien, depuis le méridien juſqu'à l'horizon, les éleve & les abaiſſe par des pas égaux, & dans des tems égaux & correſpondans. Si l'on prend des

(*a*) *Suprà*, Tom. I, p. 315.

hauteurs égales du ſoleil avant & après midi, ou d'un aſtre quelconque avant ou après ſon paſſage au méridien, la ligne méridienne partage également, ſoit pour le tems, ſoit pour l'eſpace, l'intervalle entre ces deux hauteurs égales. Ici naquit la méthode des hauteurs correſpondantes, premier degré de perfection d'une aſtronomie renouvelée. Nous l'avons dit (*a*); ſi l'on prend une hauteur du ſoleil avant midi, & que l'on trace ſur le plancher la direction de l'inſtrument, ſi après midi on attend le moment où le ſoleil deſcend à la même hauteur, & que l'on trace encore la direction de l'inſtrument, ces deux lignes concourront, & celle qui partagera leur intervalle, ſera la ligne méridienne. Juſqu'ici le préſent ne faiſoit qu'imiter le paſſé, c'étoit une réminiſcence de l'eſprit humain. Les Orientaux, les Indiens avoient pratiqué cette méthode pluſieurs milliers d'années avant les aſtronômes François qui fondoient l'obſervatoire : mais le progrès des choſes y fait ajouter une conſidération importante, c'eſt celle du tems; il ne s'agit que d'obſerver les inſtans des deux hauteurs égales, le moment du midi eſt préciſément le milieu de leur intervalle (*b*). On ſait toujours à peu près le moment du midi; vers ce tems, au moyen d'un trou pratiqué dans le mur, à une certaine hauteur, on reçoit ſur le plancher de l'obſervatoire obſcurci, pluſieurs images du ſoleil, on y marque leurs places par des traits de crayon; & lorſqu'après midi la ſeconde hauteur eſt obſervée, lorſqu'on a l'inſtant préciſ de midi, on choiſit celle de ces images qui y répond. Le centre de cette image eſt un point de la méridienne que l'on tire par ce point, & par le point

(*a*) Hiſt. Aſtron. anc. p. 42.

(*b*) On n'avoit pas encore apperçu alors la néceſſité d'avoir égard au changement de déclinaiſon du ſoleil dans l'intervalle des deux hauteurs obſervées; changement qui produit l'équation des hauteurs correſpondantes. *Voyez* M. le Monnier, *Hiſt. céleſt.* p. 49, ann. 1673.

du plancher qui eſt verticalement au-deſſous du trou pratiqué dans le mur. On peut donc obſerver tous les jours dans l'obſervatoire obſcurci, le tems où l'image du ſoleil touche & traverſe la ligne ainſi tracée ſur le plancher. Mais des nuages légers, qui ne font qu'affoiblir l'éclat du ſoleil, ſuffiſent pour empêcher l'obſervation ; les bords de l'image ſont entourés d'une pénombre qui rend l'attouchement incertain. On ſe rappela que Tycho avoit fixé un quart de cercle à un mur dans le plan du méridien ; on penſa que l'invention des lunettes, leur application aux inſtrumens, les fils que l'on place à leur foyer, donneroient dans cet inſtrument mural une méridienne bien plus parfaite, où l'attouchement ſeroit plus exact, & où de légers nuages n'empêcheroient pas de voir le ſoleil ; le quart de cercle mural fut placé par des procédés ſemblables à ceux que nous avons indiqués pour tracer la méridienne.

§. VI.

Le ſoleil n'eſt pas ſeul à régler le jour ; dans la vérité, ce n'eſt pas lui qui fait la ſucceſſion du jour & de la nuit, & cette révolution du jour de vingt-quatre heures : c'eſt la terre qui tourne ſur elle-même ; c'eſt nous qui nous préſentons à lui, qui allons au-devant de ſa lumiere, pour veiller, agir & vivre ; c'eſt nous qui nous retirons de ſa préſence pour le repos & le ſommeil. Tous les aſtres, emportés en apparence par ce mouvement, peuvent donc ſervir à marquer, à meſurer la révolution de la terre ſur elle-même. Les étoiles y ſont d'autant plus propres, qu'elles ne ſe meuvent point, & qu'en elles ce mouvement eſt pur & ſans mélange. En obſervant le paſſage d'une étoile au méridien, & ſon retour au même point le lendemain, on a préciſément la révolution diurne, & l'intervalle d'un jour. Il n'eſt pas même néceſſaire d'obſerver le paſſage au méridien,

il ſuffit d'avoir une lunette dirigée vers un point quelconque du ciel ; pourvu qu'une étoile y paſſe, ſon retour détermine la durée du jour, car tous les points du ciel ſe meuvent également, & achevent dans le même tems la même révolution.

Il faut ſavoir ſeulement que le jour du ſoleil & celui des étoiles n'ont pas la même durée, celui des étoiles eſt plus court ; nous venons de le dire, elles ſont ſans mouvement, leur révolution eſt la révolution même de la terre. Mais le ſoleil ne paroît pas immobile, en conſéquence de notre mouvement annuel il ſemble marcher, tandis que notre globe tourne ; & lorſque ce globe regarde le lendemain le point du ciel où il a laiſſé le ſoleil, il ne l'y trouve plus : il faut qu'il tourne encore pour le retrouver, c'eſt ce qui rend le jour ſolaire plus long ; & comme on eſt convenu de partager la révolution diurne de cet aſtre en vingt-quatre heures égales, la révolution diurne des étoiles n'emploie que $23^h\ 56'\ 4''$. Mais elle n'en eſt pas moins propre à régler les horloges ; car ſi la révolution eſt plus longue que ce tems, c'eſt que l'horloge avance par un mouvement trop accéléré, & ſi elle donne moins, c'eſt que l'horloge retarde par un mouvement trop lent.

§. VII.

Voila donc l'aſtronomie enrichie de deux nouvelles méthodes ; l'une eſt celle des hauteurs correſpondantes, priſes à diſtances égales du méridien, méthode qui donne avec la plus grande préciſion le tems du paſſage ſoit du ſoleil, ſoit des étoiles & des planetes par ce cercle ; l'autre eſt la méthode d'avoir directement ces paſſages par le moyen du mural. L'aſtronôme connoît le tems, il en eſt le maître, non qu'il puiſſe accélérer ou ralentir ſa

ſa courſe, mais il eſt libre d'en meſurer les intervalles, de déterminer l'inſtant qui s'écoule, & de marquer ſa place dans la durée. Il peut donc obſerver le lieu des aſtres, leur mouvement, le tems ne lui manquera pas; il n'a point d'erreur à craindre ſur la meſure de la durée, il va porter tous ſes ſoins à la meſure de l'eſpace.

La premiere choſe que l'aſtronôme ait à faire, c'eſt de ſe reconnoître dans la voûte apparente qui le couvre, dans la cage immenſe où la nature l'enferme. De tous les tems il y a tracé des cercles fictifs; ces cercles établiſſent des diviſions, & c'eſt par les diviſions qu'on parvient à décrire les choſes & à comparer les eſpaces. Le premier mouvement qui s'obſerve eſt la révolution diurne dans le ſens de l'équateur & autour des pôles; en fondant un obſervatoire, il faut donc commencer par la connoiſſance de la poſition du pôle & de l'équateur ſur l'horizon. Les anciens obſervoient la hauteur de l'équateur par le moyen des hauteurs du ſoleil dans les deux ſolſtices de l'été & de l'hiver; l'équateur partage également la différence de ces deux hauteurs (*a*). Le pôle eſt toujours éloigné de 90 degrés dans la circonférence du méridien; on a donc auſſi la hauteur du pôle ſur l'horizon. Tycho imagina la méthode des hauteurs des étoiles circompolaires qui ne ſe couchent jamais, & qui paſſent deux fois par jour au méridien ſur le même horizon, avec deux hauteurs inégales dont le pôle partage la différence (*b*). C'eſt la méthode qu'on employa pour déterminer la

(*a*) Si le ſoleil au ſolſtiee d'été, s'éleve à $64^\circ \frac{1}{2}$, & au ſolſtiee d'hiver, ſeulement à $17^\circ \frac{1}{2}$, la différenee eſt 47°, dont la moitié, qui eſt la meſure de l'obliquité de l'écliptique, ajoutée à la plus petite hauteur, donne 41° pour la hauteur de l'équateur. Le pôle eſt toujours à 90° de ce cercle, ce qui fait 131° pour la diſtance de l'horizon au pôle leſquels retranchés de 180°, donnent 49° pour la hauteur du pôle ſur l'horizon du côté du nord. C'eſt en nombres ronds, la poſition de la ſphere ſur l'horizon de Paris.

(*b*) *Suprà*, Tom. I, p. 402.

hauteur du pôle à l'obſervatoire de Paris ; voilà le premier élément, c'eſt celui qui indique l'inclinaiſon de la ſphere. Les autres cercles, l'écliptique, les tropiques, les colures, naiſſent des circonſtances du mouvement du ſoleil ; il faut donc que l'aſtronôme connoiſſe ce mouvement, c'eſt-à-dire, la direction & la ligne dans leſquelles il s'exécute. Comme cette direction eſt inclinée à l'équateur, comme le ſoleil s'éleve inégalement, c'eſt cette inégalité de hauteur qui détermine le ſens de ſa route. L'aſtronôme obſerve à ſon mural, au ſolſtice d'été, la plus grande hauteur du ſoleil, & il en tient regiſtre ; au ſolſtice d'hiver, il obſerve la plus petite hauteur : la moitié de la différence eſt l'obliquité de l'écliptique, & l'angle par lequel la route du ſoleil s'incline ſur l'équateur.

§. VIII.

PAR les points de la plus grande & de la plus petite hauteur du ſoleil, l'aſtronôme imagine deux cercles parallèles à l'équateur, ce ſont les tropiques, ce ſont les termes de ſon mouvement vers le nord & vers le midi ; c'eſt là que les anciens le voyoient rebrouſſer chemin, croyant qu'il lui étoit défendu d'approcher des pôles. En obſervant les ſolſtices, l'aſtronôme en a remarqué les inſtans, & ces inſtans ont diviſé l'année en deux parties ; il la ſubdiviſe encore en obſervant les équinoxes. Le tems de l'équinoxe eſt celui où le ſoleil ſe trouve dans l'équateur : vers ce tems l'aſtronôme retourne à ſon mural ; il obſerve pluſieurs jours de ſuite la hauteur du ſoleil à midi, & l'inſtant où elle eſt égale à la hauteur de l'équateur, eſt le tems de l'équinoxe. L'année ſe trouve partagée en quatre parties ; en même tems ces équinoxes & ces ſolſtices obſervés, comparés à ceux qui l'ont été jadis par les

anciens astronômes, donnent avec précision la durée de la révolution annuelle du soleil, & la longueur de l'année. Mais quoiqu'on ait observé le tems des équinoxes & des solstices, on ne sait pas encore à quels points du ciel ils répondent. Le ciel est parsemé de points visibles, ce sont les étoiles; il faut établir la distance des équinoxes & des solstices à ces points visibles. On sait que pour comparer le soleil aux étoiles, on a fait long-tems une opération intermédiaire; les anciens par le moyen de la lune *(a)*, Waltherus & Tycho, par le moyen de Vénus *(b)*. L'invention des lunettes fournit un moyen plus facile & plus sûr. On s'apperçut que les belles étoiles étoient visibles en plein jour, & en présence du soleil *(c)*. On pouvoit donc les comparer directement, on pouvoit donc mesurer leur distance sans observation intermédiaire; cette distance observée au moment de l'un des solstices ou des équinoxes, donna son lieu dans le ciel. L'un de ces points détermine les trois autres; par ces quatre points, on imagina deux cercles qui sont les colures.

§. IX.

VOILA donc tous les cercles tracés dans le ciel; l'astronôme les voit, les suit par la pensée, & il est entouré d'une sphere connue & divisée pour la facilité de ses recherches. Lorsqu'il veut observer le lieu d'un astre, il n'a qu'à le rapporter à l'écliptique par la longitude & la latitude, ou à l'équateur par l'ascension droite & la déclinaison. Si cet astre est fixe comme

---

(a) *Suprà*, Tom. I, p. 106.

(b) *Ibid.* p. 405 & 692.

(c) M. Picard, le 23 Juillet 1669, observa la hauteur méridienne d'Arcturus en plein jour, M. le Monnier, *Hist. céleste*, p. 40 le docteur Hook en Angleterre, vit « du dragon, aussi en plein jour, *Transac. phil.* 1674, N°. 102.

les étoiles, une bonne observation suffira pour toujours, si cet astre est errant comme les planetes, il répétera les observations. Les retours au même point donneront le tems de la révolution, avec une exactitude proportionnée au nombre des révolutions écoulées dans l'intervalle. Ensuite, pour examiner les circonstances de ce mouvement, ses irrégularités dans la durée d'une révolution, on multipliera les observations. On connoîtra donc son mouvement réel & vrai, revêtu de toutes ses irrégularités. On pourra toujours le comparer au mouvement que l'astre auroit, s'il marchoit d'un pas uniforme, & si en accomplissant sa révolution, il décrivoit, en tems égaux, des portions égales de son orbe. Les tems & les lieux où il est sans latitude, indiqueront les points où cet orbe coupe l'écliptique; ce sont ses nœuds. Les points où sa vîtesse est la plus grande & la plus petite, seront les points où il est le plus proche & le plus éloigné du soleil; c'est son périhélie & son aphélie. Ce sont les points qui terminent le grand axe de l'ellipse, que Képler fait décrire à toutes les planetes autour du soleil. Si l'observateur a suivi constamment le mouvement de chacune de ces planetes, il sera donc en état de montrer le sens de leur route dans le ciel; l'angle qu'elle fait avec l'écliptique, les points où elle coupe ce cercle, la position de cette route elliptique à l'égard du soleil & des points fixes du ciel, le tems employé à la parcourir entiere, le tems inégal employé à en parcourir les différentes parties. Il connoîtra donc son ciel, il pourra en prévoir & en prédire les phénomènes, & il sera en état de dire à l'astronôme philosophe, destiné à pénétrer la nature, voilà les vérités qu'elle laisse appercevoir, voilà les faits, c'est à vous de dire les causes.

§. X.

Tout cela se réduit à rapporter un astre quelconque à l'écliptique ou à l'équateur, les anciens se l'étoient proposé comme nous; mais à l'époque où nous sommes, les succès furent proportionnés à la perfection des moyens. On employa deux méthodes que les Anglois & les François se partagerent. A l'observatoire de Gréenwich on se servit d'abord de la méthode de Waltherus & de Tycho, par les distances observées d'un astre à deux points du ciel, c'est-à-dire, à deux étoiles *(a)*. Comme tous les cercles de la sphere sont liés & dans une position déterminée, le calcul déduit de ces distances observées, ou la longitude & la latitude, si l'on veut rapporter l'astre à l'écliptique; ou l'ascension droite & la déclinaison, si l'on veut le rapporter à l'équateur. Cette méthode fut employée avec toute la précision nouvelle, par de grands instrumens bien divisés, garnis de lunettes & de fils croisés, importans pour une exactitude jusqu'alors inconnue. Mais en France on fit usage d'une méthode nouvelle, qui ne commença à être pratiquée que dans les beaux jours de l'astronomie, & qui en fonda les succès; c'est la méthode de mesurer la distance des astres par le tems. Puisqu'il s'agit uniquement de découvrir la déclinaison & l'ascension droite d'un astre, la déclinaison peut être facilement connue, l'astronôme n'a qu'à prendre à son mural la hauteur méridienne de l'astre, il connoît la hauteur de l'équateur; la différence des deux hauteurs lui donne la distance de l'astre à ce cercle, c'est la déclinaison, c'est la moitié de ce qu'il demande. Tout se réduit donc à l'ascension droite; mais qu'est-ce que l'ascension droite? C'est un arc de

(a) *Suprà*, Tom. I, p. 320 & 400.

l'équateur, une portion du cercle de la révolution diurne, dont les parties égales passent en tems égaux au méridien. Tycho avoit mesuré directement ces arcs de l'équateur *(a)*. Ptolémée paroît aussi les avoir observés quelquefois *(b)*. Avec une horloge bien réglée, c'est-à-dire, dont la marche est parfaitement uniforme, la différence des tems du passage de deux astres doit donc indiquer la différence de leur ascension droite; & si l'ascension droite, ou la place d'un de ces astres sur l'équateur est connue, celle de l'autre le sera aussi. La méthode des distances est pénible; tout ce qui est difficile est une source d'erreurs : celle-ci est aussi commode qu'exacte; il ne s'agit que d'attendre successivement les deux astres au méridien, pour y observer l'instant de leur passage, & le degré de leur hauteur. Le Landgrave de Hesse avoit déjà essayé cette méthode. Nous avons dit qu'il observoit le tems du passage des étoiles par un azimuth, avec leur hauteur. Thadée Hagecius proposa de faire cette observation dans le méridien *(c)*, mais le tems n'étoit pas venu; cette excellente méthode manquoit de l'instrument nécessaire; les horloges étoient trop défectueuses, les erreurs auroient été énormes. On pouvoit alors se mocquer de la proposition d'Hagécius, les hommes ne peuvent prévoir ni les présens du hasard, ni les ressources du génie. On n'auroit pas cru aux prodiges de ce siecle, si on les avoit annoncés d'avance. Comment deviner que la méthode d'Hagécius seroit le moyen des recherches futures, & la base de toute précision? Elle fut suivie en France dès l'établissement de l'observatoire; elle a été adoptée par les Anglois en 1690 *(d)*. Presque tous les progrès de l'astronomie sont nés de cette

(a) *Suprà*, Tom. I, p. 400.
(b) *Ibid.* p. 466.
(c) *Ibid.* p. 374, & suiv.
(d) Flamsteed, *Hist. céleste*, T. II.

méthode. Ils montrent l'influence qu'un homme peut avoir fur les fiecles par une feule idée; s'ils font nés en partie du hafard qui donna les lunettes, ils font évidemment les fruits du génie d'Huygens, qui appliqua le pendule aux horloges.

§. XI.

L'Astronôme détermine ainfi le lieu de tous les aftres dans le ciel, des étoiles comme des planetes; il compare les pofitions obfervées par lui de ces étoiles fixes aux pofitions jadis obfervées : il reconnoît, il mefure le mouvement par lequel elles s'avancent toutes enfemble le long de l'écliptique. Mais ce mouvement, qui n'eft qu'une apparence, ne leur appartient pas; quelle que foit la caufe, ce font les points des équinoxes & des folftices qui rétrogradent. La longitude eft comptée de ces points: & lorfqu'ils reculent, la fphere célefte avec tous fes cercles, femble tourner fur elle-même autour des pôles de l'écliptique; & les étoiles, précifément parce qu'elles font immobiles, femblent avancer le long de ce cercle. Par ces comparaifons on s'apperçoit encore que les latitudes des étoiles ont changé depuis Hypparque, & que l'écliptique a baiffé pour s'approcher de l'équateur.

Les méthodes, que nous avons décrites pour déterminer le lieu des aftres, ne font pas les feules dont l'induftrie humaine fe foit mife en poffeffion. Les aftres, par leurs rencontres nous éclairent fur leur mouvement même. Des deux mouvemens le mieux connu aide à connoître celui qui l'eft moins. Les plus remarquables de ces rencontres font les éclipfes, qui arrivent toutes les fois que la lune couvre le foleil pour le dérober à nos yeux, ou qu'elle s'y dérobe elle-même, en fe plongeant dans l'ombre de la terre. Dans le premier cas, il eft un inftant où la lune avec

le ſoleil occupe précifément le même point du ciel ; dans le ſecond, il eſt un inſtant où elle eſt précifément à l'oppoſite, & éloignée de lui d'une demi-circonférence, ou de 180 degrés. Le mouvement du ſoleil, qui eſt aſſez ſimple, aſſez bien connu, peut donc ſervir à rectifier le mouvement de cette planete bizarre & irréguliere, qui ne marche qu'en dévoilant des inégalités différentes & accumulées, & qu'on ne peut ſaiſir, comme le Protée de la fable, qu'en épuiſant la variété de ſes formes ſucceſſives. Nous avons dit l'uſage de ces éclipſes dans la recherche des longitudes terreſtres, c'eſt une nouvelle raiſon pour l'aſtronôme de les obſerver. Les rencontres de la lune avec les autres planetes, & ſur-tout avec les étoiles qu'elle cache inſtantanément ſous ſon diſque, & qu'elle découvre de même, ſont très-utiles, tant pour dévoiler ſes propres mouvemens, que pour déterminer les longitudes tetteſtres, & parvenir à la connoiſſance du globe.

§. XII.

DANS les éclipſes de lune, l'aſtronôme, avec le téleſcope, obſerve les momens de la fin & du commencement, le moment où l'ombre atteint quelque tache, & celui où l'ombre la laiſſe à découvert. Avec le micrometre il meſure pluſieurs fois, dans la durée de l'éclipſe, la grandeur de la partie éclipſée. La plus grande de ces meſures ſucceſſives eſt la quantité de l'éclipſe même. Toutes ces obſervations, faites à la fois en différens lieux de la terre, ſont autant de points de comparaiſon pour la détermination des longitudes terreſtres.

Dans l'éclipſe de ſoleil, on obſerve les tems du commencement, de la fin, les tems où les taches accidentelles, qui ſe trouvent ſut le diſque, ſont couvertes ou découvertes par la lune

lune. On reçoit l'image du ſoleil tranſmiſe par un téleſcope dans une chambre obſcure ; on place à ſon foyer un carton blanc, ſur lequel on a tracé un cercle d'une grandeur déterminée les jours précédens par celle du ſoleil ; ce cercle eſt diviſé par ſix cercles concentriques, qui partagent ſon diametre en douze parties appelées doigts. On voit l'ombre avancer ſur l'image, on ſuit ſes progrès ; ſa grandeur croiſſante ou décroiſſante eſt à chaque inſtant meſurée par l'étendue de ces doigts & de leurs ſubdiviſions. On fait des obſervations encore plus préciſes avec le quart de cercle, avec le micrometre. De toutes ces données le calcul déduit facilement la diſtance du centre de la lune au centre du ſoleil, & comme le lieu de celui-ci eſt ſuffiſamment connu par les Tables, le lieu de la lune le devient auſſi. Chaque obſervation corrigée de la parallaxe fournit donc un moyen de corriger les Tables de la lune, & de rectifier ſon mouvement. En même tems elle eſt un point de comparaiſon pour les longitudes & la différence des méridiens.

§. XIII.

Les occultations des étoiles par la lune ont également cette double utilité. Dans l'inſtant où une étoile s'éclipſe, comme dans l'inſtant où elle ſe montre, elle eſt préciſément au bord de la planete ; on a par conſéquent deux inſtans où le centre de la lune a été éloigné de l'étoile, de la quantité du demi-diametre qui eſt toujours connu ; le mouvement de la lune l'eſt auſſi dans l'intervalle : le calcul, & une infinité de réductions que la préciſion exige, mais que nous ne pouvons faire connoître ici (a), donnent l'inſtant où la lune a été en conjonction, où

(a) M. de la Lande, *Aſtron.* Tom. II, Liv. X.

elle a eu une longitude commune avec l'étoile. On a donc une position de la lune pour cet instant, & en conséquence de la différence des méridiens, cet instant, quoique le même pour toute la terre, est marqué sous chaque méridien par des heures différentes. Les observations qui y ont été faites, calculées, indiquent donc la différence de ces méridiens, & servent à la déterminer avec une précision plus grande que celle d'aucune autre méthode, parce que la disparition & la réapparition instantanées de ces étoiles ne laissent pas hésiter un moment, une seconde; tandis que l'on est toujours incertain pendant quelques minutes du commencement & de la fin d'une éclipse de lune. Ces phénomènes sont plus faciles à saisir dans une éclipse de soleil, mais ils ne sont pas instantanés, & l'on peut hésiter encore pendant quelques secondes.

§. XIV.

Nous ne verrons point l'astronôme observer les satellites de Jupiter; à l'époque où nous sommes, il n'a que des essais dans ce genre, il n'ose les produire; il suit ces astres, il les considere avec l'œil de la curiosité & de l'attention, il ne voit encore que des apparences inexplicables; ce sont des énigmes que Galilée a découvertes pour en laisser l'explication à Dominique Cassini. Ce sera lui qui nous instruira; pour nous, nous suivons les tems, & nous disons ce qu'ils nous revelent.

Nous avons montré les travaux de l'observateur pour les progrès de l'astronomie, mais ces progrès sont fondés sur l'exactitude des observations; cette exactitude doit donc avoir les premiers soins, & des soins portés jusqu'au scrupule. Ce n'est pas assez de pointer exactement à un astre avec toute la précision possible, de connoître assez la marche de l'horloge,

pour être sûr de l'instant où l'on observe, il faut encore vérifier l'instrument dont on se sert. C'est un organe dont il faut estimer le rapport, c'est un de nos sens que nous avons étendu; mais il conserve l'imperfection de sa nature. La division du limbe d'un quart de cercle, mobile ou mural, d'un sextant, ne peut être rigoureusement exacte, il en faut connoître les erreurs; on pourra en tenir compte, c'est comme si elles n'existoient pas. Le ciel est toujours notre regle & notre modele de perfection; dès que le lieu des étoiles & celui du soleil sont connus par les catalogues de ces étoiles & par les tables du soleil, on peut toujours calculer l'instant, où l'un de ces astres aura une hauteur précise: en observant la hauteur à cet instant, marqué par une horloge qui marche régulierement, si l'instrument ne donne pas, comme le calcul, la différence sera son erreur. On a imaginé un grand nombre d'autres vérifications (*a*); nous n'entreprendrons point de les détailler, nous ne nous proposons même pas de décrire toutes les méthodes (*b*); la marche de l'histoire en feroit trop ralentie. Ceux qui veulent la suivre pour s'instruire des progrès de la science, pour concevoir l'idée qu'elle mérite, n'ont pas besoin de ces détails. Ceux qui sont nés pour la cultiver, & pour faire éclorre de nouveaux progrès, doivent chercher ces détails dans les livres élémentaires (*c*). Il nous suffit d'avoir dit avec quel respect on interroge la nature, avec quel scrupule on rend compte de ses réponses. Les seuls oracles subsistans sont ceux que le ciel dévoile à l'astronomie, l'homme favorisé qui les reçoit, doit se

(*a*) M. de la Lande, *Astron.* Liv. XIV.

(*b*) Nous ne donnons ici que les méthodes qui ont influé sur les progrès à cette époque, nous donnerons les principales de celles qui ont été inventées depuis, quand elles se présenteront.

(*c*) L'Astronomie de M. de la Lande est l'ouvrage le plus moderne & le plus complet en ce genre, il renferme toutes les méthodes, toutes les connoissances astronomiques, & même les plus élevées, sous la forme la plus élémentaire.

défier de lui-même, & se dépouiller, autant qu'il le peut, de toute illusion, pour transmettre ces oracles dans leur pureté.

§. XV.

Il est sur-tout deux sortes d'illusions dont il faut que ses efforts & ses travaux le préservent, c'est la réfraction & la parallaxe. Ces illusions ne lui appartiennent point : elles naissent & du voile de l'atmosphere qui altere le lieu des objets, & de la position géographique qui fait varier les apparences célestes. Quoique l'homme eût pu rejeter la faute sur la nature qui le trompe, les intérêts de la vérité n'en seroient pas moins trahis : tout ce que dit la nature est vrai, mais il faut entendre son langage. La réfraction, qui est une erreur de l'atmosphere, s'observe comme l'erreur de l'instrument, par le moyen des hauteurs calculées des étoiles & du soleil, comparées avec les hauteurs observées. Qu'on ne croye pas que ces deux sortes d'erreurs se compliquent & se mêlent, c'est à l'adresse de l'observateur à les séparer, pour distinguer leurs effets.

Après que l'astronôme a déterminé l'erreur de ses instrumens, la quantité des réfractions, il est plus sûr de ses observations, il peut toujours les dépouiller de ces effets illusoires, & les réduire à la vérité simple & rigoureuse. Il reste la parallaxe qu'il faut connoître ; elle naît de l'étendue du globe & de la place que l'homme y occupe ; sa demeure a, dans sa petitesse une grandeur encore incommode. Hypparque voulut se débarrasser de cette étendue, il se transporta par la pensée au centre de la terre ; c'est là qu'il s'est placé pour considérer les mouvemens célestes. Sans cette idée ingénieuse, les astronômes, différemment placés, verroient différens phénomènes ;

il n'y auroit point d'unité dans leurs rapports, & ils ne s'accorderoient que dans une chose, c'est qu'ils seroient tous également trompés. Mais pour cette entreprise hardie, de voir les choses d'un lieu où l'on n'est pas, il falloit déterminer la différence des phénomènes que l'on voit à ceux que l'on verroit au centre de la terre; cette différence est la parallaxe. Nous avons dit (*a*) qu'elle est nulle pour un astre placé au zenith, qu'elle est la plus grande pour un astre qui se montre à l'horizon, mais sur-tout qu'elle est toujours proportionnelle à la distance de l'astre à la terre. Ces principes déterminent la marche de l'astronôme, il faut observer l'astre le même jour à l'horizon, & le plus près possible du zenith; il faut comparer ces hauteurs avec celles qui résultent de la position connue de l'astre dans le ciel, & les différences sont les quantités de la parallaxe. Voilà la méthode qu'a suivie Ptolémée pour la parallaxe de la lune (*b*); on la suivit encore après lui, c'est la seule dont on puisse user quand on veut fixer cet élément sans sortir de son observatoire. Mais peu de tems après l'époque où nous sommes, on sentit qu'il falloit se transporter à de grandes distances sur le globe, pour mesurer un élément, une illusion, qui dépend réellement de la grandeur de ce globe. Lorsque deux observateurs, ainsi séparés, observent au même instant le lieu de la même planete, comme les différences sont plus grandes, l'effet de la parallaxe est mieux connu. Mais ces méthodes, quoiqu'utiles, ont l'inconvénient de ne pouvoir s'appliquer qu'à la lune, dont la parallaxe est grande & très-sensible. On l'essaye aussi sur la parallaxe de Mars; mais cette parallaxe est si petite qu'il est difficile de la distinguer de la petite erreur, toujours inévitable, des obser-

(*a*) *Suprà*, Tom. I, p. 95.

(*b*) *Ibid.* p. 177.

vations. Nous avons vu les moyens employés par Vendelinus (a) pour découvrir la parallaxe du soleil, en observant la lune dichotômé, ou à demi-éclairée. Mais l'astronôme ne nous dira rien sur toutes les autres parallaxes, elles sont inobservables par ces méthodes, elles échappent à ses sens; & sa consolation, c'est que n'étant pas apperçues, elles ne sont pas sensibles, & ne nuisent ni à la certitude des observations, ni à l'exactitude des résultats.

§. XVI.

La parallaxe de la lune lui a enseigné la distance où nous sommes de cette planete: il connoît du moins dans certaines limites l'éloignement du soleil, par sa parallaxe encore incertaine. Mais il auroit été condamné à ignorer toujours la distance des autres planetes, si Copernic n'eût pas rappelé le systême des anciens, & revélé le véritable ordre du monde. Puisque toutes les planetes tournent autour du soleil, la vérité des mouvemens n'existe dans sa pureté que pour ce centre. C'est de ce centre qu'il faut les voir; il faut donc encore s'y transporter par la pensée. La grandeur du globe de la terre produit une parallaxe, la grandeur de l'orbe que nous parcourons en produit une autre nommée *la parallaxe de l'orbe annuel*. Il faut donc apprendre à dépouiller les observations de l'effet de cette nouvelle illusion. L'astronôme saisit les momens où elle n'a pas lieu; il prend les planetes supérieures, Mars, Jupiter, Saturne, lorsqu'elles sont opposées au Soleil, les petites planetes, Vénus & Mercure, lorsqu'elles sont en conjonction avec cet astre, placées entre lui & nous:

(a) *Suprà*, p. 161.

les planetes, dans ces circonſtances, ſont dans une même ligne avec nous & le ſoleil; les planetes ſupérieures ſont dans le point du ciel oppoſé à cet aſtre, les deux planetes inférieures ſont dans le même point que lui. En ſe procurant avec le tems, une ſuite d'obſervations ſemblables, on a les mouvemens de ces planetes tels qu'ils ſeroient obſervés du ſoleil, on en dreſſe des Tables, & on ſe met en état de pouvoir calculer le lieu de ces planetes, tel qu'il eſt vu du centre de leur mouvement. L'aſtronôme a donc raiſon de dire qu'il ſe tranſporte réellement à ce centre, puiſqu'il peut rendre compte de ce qui s'y voit. Mais en même tems, en obſervant ce qu'il voit de la terre où il eſt, les differences lui enſeignent l'effet de l'étendue de ſon orbe, & la quantité de cette illuſion, de cette parallaxe de l'orbe annuel, qui a ſi long-tems embarraſſé les anciens, & qui a tant compliqué le mauvais ſyſtême de Prolémée. Cette parallaxe étant, comme l'autre, proportionnelle à la diſtance de l'aſtre au ſoleil, on peut toujours en déduire cette diſtance (*a*).

Quand l'aſtronôme a ainſi partagé les eſpaces, déterminé les éloignemens, il peut connoître les grandeurs réelles des corps. Les quantités des diametres des planetes, meſurées par lui avec ſoin, ne ſont que des apparences; mais dès qu'il connoît les diſtances de chacun de ces corps, il rapporte toutes

(*a*) *Voyez* la figure 14; ſoit S le Soleil, T la Terre, I Jupiter, M Mars, le ſoleil voit Jupiter & Mars en A dans le ciel, la Terre voit l'un en B, & l'autre en C, l'angle AIB, ou TIS eſt la parallaxe de l'orbe annuel pour Jupiter. L'angle AMC, ou TMS eſt la même parallaxe pour Mars. On voit que dans le triangle TIS, où on connoît la parallaxe TIS & l'angle STI, diſtance de Jupiter au Soleil, qui peut toujours être obſervée, on connoîtra par la trigonométrie le rapport des côtés TS, IS, c'eſt-à-dire, le rapport du rayon de notre orbe à celui de l'orbe de Jupiter. En faiſant le même calcul pour Mars, on aura le rapport des rayons de leurs orbes au rayon du nôtre, & par conſéquent le rapport de leurs diſtances au Soleil, & de la quantité comparée de leur éloignement.

les grandeurs à ce qu'elles feroient si les planetes étoient vues à une distance égale ; il peut dire, la Lune est par son volume la quarante neuvieme partie de la Terre (a), Mercure la dix-septieme partie, Vénus les quatre cinquiemes, Mars le quart ; Jupiter est douze cent quarante-six fois plus gros, Saturne huit cent soixante-huit fois, & le Soleil, qui est à lui seul plus considérable, plus volumineux que tous les êtres ensemble, est douze cent mille fois plus gros que le globe que nous habitons, & où nous croyons être quelque chose.

§. XVII.

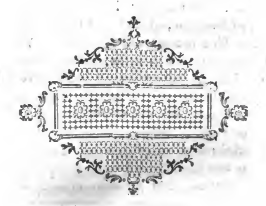
NOTRE cours d'astronomie pratique est fini, nous avons suffisamment observé l'observateur, il rentre dans son cabinet avec les secrets qu'il a surpris, avec les dépouilles du ciel : son ame a résidé jusqu'ici dans le sens de la vue & du tact, elle se retire avec elle-même, il va méditer sur ce qu'il a vu ; il rappelle ce qu'on a vu jadis, pour comparer les faits présens avec les faits passés. Qu'on ne croye pas qu'il se borne à être le témoin des phénomènes ; ce n'est pas une sentinelle placée pour observer ce qui se passe au-dehors de notre citadelle, & dans les campagnes célestes : qu'on n'imagine pas qu'il a tout fait, lorsque la célérité du coup d'œil & l'adresse de la main lui ont procuré une observation exacte. Cette observation n'est qu'un moyen, qui lui a été indiqué par son génie, & dont son génie lui prescrira l'usage. L'observation est placée entre les vues de l'esprit qui en ont montré l'utilité, & cette utilité même qu'il faut avoir l'art d'en faire éclorre.

(a) M. de la Lande, *Astron.* Art. 1398. On ne connoissoit pas encore ces quantités si exactement aux tems où nous sommes, mais la différence avec l'exactitude actuelle n'est pas si grande que nous n'ayons pu les placer ici par anticipation.

Mais

Mais cette prévision de l'esprit, le pressentiment des phénomènes à voir est étonnemment difficile; c'est un don très-rare, c'est le génie lui-même. Il faut joindre à une vaste mémoire où tous les faits connus soient déposés, une intelligence proportionnée pour combiner ces faits, pour comparer ce qu'ils ont produit avec ce qu'ils pouvoient produire. Il faut se représenter les phénomènes revêtus de toutes leurs illusions, distinguer les cas où ces illusions peuvent être séparées, marquer en même tems les instans où l'une a toute sa force, & peut être plus facilement mesurée; il faut quelquefois l'art de la multiplier, en sommant, en réunissant ses effets pour la rendre plus sensible. Une découverte, soit dans les principes, soit dans les phénomènes de la nature, dans les méthodes d'observer, ou dans les instrumens, change souvent l'état des choses. Il faut alors revenir sur le passé, appercevoir les ressources nées de cette découverte, les moyens qu'elle offre de pénétrer plus avant, considérer ce qu'un fait nouveau peut changer, rectifier dans un ensemble de faits connus, & l'influence d'une idée sur un grand nombre d'idées acquises. C'est par cette divination, c'est par cette maniere d'interroger le ciel, qu'on se rend digne des réponses favorables. Alors quand l'astronôme devient observateur, il l'est avec toute la dignité de l'homme, il suit le plan qu'il a tracé, il agit d'après ses vues, comme la main exécute la pensée. Mais quand il a multiplié les observations, quand il a amassé une multitude de faits, il faut qu'il remonte à la hauteur d'où il est descendu; il faut que sa vue les pénetre, les embrasse. L'explication d'un phénomène est souvent dans un fait éloigné & solitaire; les causes générales sont sous des masses de faits. Dans la variété de la magnificence céleste, on a bien de la peine à retrouver la simplicité : mais organe & interprète des choses divines,

l'aſtronôme s'aggrandit par cette noble fonction. Le génie ſeul peut dire : voilà la marche, voilà la regle de la nature. L'aſtronôme a commencé par l'épier, il finit par la preſſer de toute l'intelligence humaine pour faire ſortir ſes vérités.





HISTOIRE
DE
L'ASTRONOMIE MODERNE.

LIVRE HUITIEME.

De Jean-Dominique Cassini.

§. PREMIER.

PENDANT que les Académies s'établissoient en France & en Angleterre, & que les progrès rapides alloient naître du concours des hommes rassemblés par le zele des sciences, & poussés par l'émulation, un homme s'élevoit en Italie, pour succéder à Galilée dans les découvertes du ciel, pour être, comme Hypparque, le réformateur de l'astronomie, & pour embrasser comme lui la science dans son entier. Jean-Dominique Cassini naquit le 8 Juin 1625 dans le comté de Nice, à Perinaldo, d'où sont sortis & cette famille des Cassini, illustrée par plusieurs générations savantes, & les deux Maraldi, astronômes distingués, dont l'un est encore vivant.

Qq ij

Dominique Cassini étant à Gênes au sortir de ses études, tomba par hasard sur un livre d'astronomie, sa vocation se déclara; au milieu des objets de nos connoissances, il reconnut celui qui devoit faire la destinée & la gloire de sa vie, & il entra dans la carriere. Mais ce livre appartenoit en même tems à l'astrologie. Cassini saisit à la fois la vérité & l'erreur, & l'un des plus grands hommes du siecle dernier commença par s'égarer; tant il est vrai que les opinions générales, les opinions que protege la multitude, ont sur les bons esprits même un empire auquel il est difficile d'échapper! C'est l'excuse de Tycho & de Képler; ils ont pu tomber dans l'erreur où tomba Cassini, leur émule & leur égal. Mais on voit en même tems les progrès de la lumiere, l'affoiblissement & la décrépitude de l'astrologie; Tycho fut assez aveugle pour l'adopter sans réserve, pour la défendre avec opiniâtreté. Képler, plus éclairé, plus philosophe, plus fort parce que le préjugé étoit déjà plus foible, flotta toute sa vie entre sa raison particuliere & ce préjugé, qui étoit la raison publique. Cassini dans l'âge tendre, où l'on reçoit toutes les impressions, où l'on n'a d'idées que les idées acquises, pensa un moment comme le vulgaire; mais le préjugé n'avoit plus de force que contre le génie naissant: Cassini suivoit alors son siecle, quand il le précéda, il ne vit plus que la vérité.

§. II.

Une autre erreur qu'il adopta pour la rejeter ensuite, fut celle de la naissance fortuite des cometes; il les regarda quelque tems comme des météores qui s'allument pour s'éteindre (*a*).

(*a*) Cassini, *Observ. com. anni* 1652, & 1653. Mémoires de l'Acad. des Sciences, 1708, pag. 90.

On peut lui pardonner de s'y être trompé avec Hévélius, mais la jeunesse de Cassini fut plus éclairée que la maturité de l'astronôme de Dantzic; Cassini échappa bientôt à cette erreur, comme il avoit échappé à l'astrologie. Il avoit un esprit né pour pénétrer les faits, & pour y lire les vérités renfermées; dès qu'il eut reconnu que le mouvement des cometes semblable à celui des planetes, n'avoit que des inégalités apparentes, s'exécutoit par des pas réguliers, croissans ou décroissans, avec une sorte d'uniformité dans une route constante, propre à chaque comete, & différente de toutes les autres routes célestes, il ne put croire que tant de régularité appartînt à des corps produits par le hasard, lancés à travers les tourbillons que Descartes avoit placés dans le ciel. Ces astres obéissoient à des loix, le hasard n'en connoît point, ou nous-mêmes du moins nous ne connoissons pas les loix de ce que nous appelons hasard. La constance & la régularité lui parurent les caracteres de la permanence; il pensa que ces astres, si long-tems négligés, ou regardés comme des dépurations de l'éther, calomniés comme apportant des maux sur la terre, indifférens à ce qui s'y passe, pouvoient être semblables à notre globe, se mouvoir avec lui & avec les autres planetes dans l'espace, & exister comme elles depuis le commencement des choses.

Pour que la ressemblance fût complette, il falloit concevoir leurs retours; Cassini s'éleva à cette idée, trop long-tems oubliée ou combattue; mais il y parvint par degrés, par des raisons liées, & propres à la revêtir de ses preuves. C'est parce qu'il avoit fait de bonnes observations de trois cometes (a); c'est parce que Tycho & Hévélius avoient eux-mêmes observé ces astres

(a) Celles de 1652, 1664, 1665.

ſinguliers & mal connus, qu'il put reconnoître dans ces obſervations l'ordre & la ſuite, qui appartiennent à des corps durables. Il revint donc à l'opinion des Chaldéens, conſervée par Apollonius Mindien, & qui avoit été méconnue pendant vingt-quatre ſiecles, écoulés depuis ces anciens aſtronômes.

§. III.

Qu'on nous permette quelques réflexions ſur ce retour aux idées antiques. Les cometes paroiſſent tout à coup; & dans les tems où, faute de téleſcopes, on ne pouvoit ſuivre la diminution lente de leur lumiere, on a dû les perdre & les voir diſparoître preſque inſtantanément; on a dû croire que leur deſtruction & leur naiſſance étoient fortuites, c'eſt la penſée la plus naturelle. L'eſprit humain procede par des comparaiſons; c'eſt ainſi qu'il apprécie & qu'il juge la nature; & les apperçus ſimples, qui ſont les premiers, ſont ceux auxquels il tient le plus. L'air eſt rempli de météores & de phénomènes qui brillent dans la ſérénité des nuits; de tout tems le ciel a eu des ſignes pour les hommes craintifs & pour les nations ſuperſtitieuſes. Les feux exhalés de la terre, la matiere électrique pompée ou rejetée par les corps, font naître dans l'atmoſphere des lumieres plus ou moins vives, des nuées blanches, ou colorées de pourpre & formées en arcs, en jets, ou en rayons. Ce ſpectacle changeant de feu & de lumiere paroît allumé, ou éteint par le haſard. On ne peut diſconvenir que les cometes n'aient au premier aſpect des reſſemblances avec ces météores; elles brillent comme les étoiles, qui ſont les feux du firmament, & comme ces feux de l'atmoſphere, nommés *étoiles tombantes.* La queue des cometes, leur chevelure, ont une blancheur ſouvent aſſez vive, qui reſſemble à la lumiere des météores; la matiere légere de ces météores eſt auſſi rare

que la queue des cometes. On a dû comparer ces phénomènes, on a dû les croire de la même espece; on a donné seulement plus de consistance au corps de la comete, pour expliquer une plus longue durée: une matiere plus serrée, plus compacte, résistoit plus long-tems à sa dissolution. Si les hommes ont été détrompés, ils n'ont pu l'être que par les observations, ce sont les observations répétées, rapprochées les unes des autres, qui nous apprennent que ce qui paroît le plus simple à l'esprit, n'est pas toujours le plus vrai & le plus naturel. Mais jugeons les tems par les faits. Lorsque Dominique Cassini parut, l'astronomie avoit déjà acquis quelque étendue & quelque hauteur; Regiomontanus, Tycho, Képler, Hévélius avoient éclairé l'Europe, & avoient particulierement observé les cometes, cependant l'opinion générale étoit encore pour la naissance fortuite de ces astres passagers; la jeunesse de Cassini y fut d'abord entraînée. On lisoit Seneque, on connoissoit l'idée d'Apollonius Mindien & des Chaldéens sur la permanence & les retours des cometes; on n'avoit pas besoin d'inventer cette idée, il suffisoit de s'élever jusqu'à elle, & de la juger. Mais l'esprit humain a eu besoin de vingt-quatre siecles pour cette opération si facile en apparence; il a fallu des instrumens perfectionnés, des observations exactes, & le génie de Cassini. Les Chaldéens n'ont donc pu concevoir cette opinion philosophique & vraie que par les mêmes motifs, qu'avec de bonnes observations & du génie. Mais il est plus que douteux qu'ils aient eu du génie, & il est certain que les observations n'existoient pas. Hypparque & Ptolémée les auroient connues, citées; ils n'ont pas plus fait de cas de l'idée du retour des cometes que du systême du mouvement de la terre; l'un & l'autre étoient dénués de faits, ces astronômes les ont regardés comme des erreurs populaires, ils n'ont pas même daigné

parler des cometes. Cette idée n'étoit donc qu'une réminiſcence chez les anciens, une opinion conſervée par la tradition chaldéenne; & ſi, comme nous le croyons, l'eſpece humaine, toujours ſemblable à elle-même, eſt deſtinée à ſuivre toujours à peu près les mêmes voies, à rencontrer toujours les mêmes difficultés; ſi ces difficultés, pour être vaincues, demandent à l'eſprit humain les mêmes travaux, & à la nature le même tems, il faut croire que les Chaldéens n'ayant point obſervé les cometes, n'ont pu avoir ſur l'exiſtence de ces aſtres que les opinions les plus ſimples & les plus naturelles. Il faut concevoir un peuple qui les a précédés, qui a cultivé les ſciences comme notre race moderne, les a cultivées preſque ſans interruption depuis l'école d'Alexandrie; un peuple qui a vécu aſſez de ſiecles pour voir ſe ſuccéder des hommes tels qu'Hypparque, Tycho, Képler & Caſſini, avec les intervalles néceſſaires au repos de la nature, qui ne produit pas toujours, & qui eſt ſur-tout avare de génies.

§. IV.

TYCHO avoit fait mouvoir les cometes dans des cercles qui enveloppoient le Soleil; elles étoient dans ſon ſyſtême, comme Vénus & Mercure, les ſatellites de cet aſtre. Képler leur avoit aſſigné une route en ligne droite. L'opinion & la méthode de Dominique Caſſini ſe compoſerent des idées de ces deux aſtronômes. Caſſini, faiſant des cometes des aſtres durables, dût les faire marcher dans des courbes fermées, qui permiſſent des révolutions & des retours. Il regarda leur orbite comme un cercle infiniment grand; la terre placée dans l'intérieur, ne peut appercevoir la comete que dans une partie très-petite, très-peu courbe, & fort approchante de la ligne droite, auſſi Dominique

Dominique Caſſini, pour repréſenter les mouvemens d'une comete, tire une ligne droite tangente au point de l'orbite, où cette comete a été périgée & le plus près de la terre. Il ſuppoſe que les rayons viſuels, menés de la terre à tous les lieux où l'aſtre a été vu, coupent ſur cette tangente des parties, qui comptées du périgée, ſont proportionnelles au tems. Avec cette hypothèſe, il fut en état non ſeulement de repréſenter les mouvemens obſervés, mais encore d'annoncer avec aſſez d'exactitude, les mouvemens & les poſitions futures. Il imagina cette hypothèſe pour les cometes de 1664 & de 1665; ces cometes avoient également occupé Auzout à Paris. Les deux méthodes dévoilées ſe trouvent les mêmes, & le jeune aſtronôme, ſans jalouſie, s'applaudit d'avoir atteint & égalé un aſtronôme plus exercé (*a*).

§. V.

Képler avoit montré par de longs & de laborieux calculs, que le mouvement inégal des planetes ne naît pas ſeulement de ce que le ſoleil eſt hors du centre de ce mouvement, mais d'une inégalité réelle dans la marche de ces aſtres. Caſſini trouva le moyen de démontrer aux yeux l'inégalité d'une maniere ſenſible. Sa jeuneſſe ne l'avoit pas empêché d'être nommé profeſſeur d'aſtronomie à Bologne, on l'avoit jugé digne de remplacer Cavalieri, un des plus grands hommes de l'Italie. Cette ville de Bologne renfermoit un monument

(*a*) Il y a des cometes qui s'éloignent très-ſenſiblement d'un grand cercle, comme celle de 1664; mais il en arrive autant à la lune par le mouvement de ſes nœuds. Dominique Caſſini avoit éminemment le génie aſtronomique, il en ſavoit déployer toutes les reſſources; & par un mouvement ſemblable des nœuds de la comete, il étoit parvenu à repréſenter les irrégularités de ſon mouvement, comme on le voit dans le livre qu'il publia à Rome ſur cette comete en 1665, & *Mém. Ac. Scien.* 1699, p. 37.

aſtronomique, qui attira toute l'attention de Caſſini ; c'étoit la ligne méridienne, & le gnomon élevé dans l'égliſe de Sainte Petrone par Egnace Dante pour la réforme du calendrier (a) ; mais ce monument, conſtruit dans un tems où l'on étoit peu difficile, ne convenoit plus au tems de Dominique Caſſini. Caſſini donna au gnomon une élévation de quatre-vingt-quatre pieds ; il tira une méridienne plus exacte, & il fut en état de ſuivre toute l'année les changemens de la hauteur du ſoleil. L'image de cet aſtre y étoit grande dans tous les tems, & facile à meſurer. Caſſini entreprit d'examiner, par les variations de cette image, l'inégalité de la terre ou du ſoleil qui paroît ſe mouvoir. Si le ſoleil ſe mouvoit uniformément, ſi la terre étoit au centre du cercle qu'il ſemble décrire, on le verroit toujours de la même grandeur, & marcher toujours à pas égaux. Mais la terre n'eſt pas au centre, il s'enſuit que la vîteſſe & la grandeur du ſoleil doivent varier ; il doit être vu plus grand, il doit ſe mouvoir plus vîte, lorſqu'il eſt plus près : c'eſt ſon inégalité optique. Mais en vertu de cette cauſe ſeule, la grandeur & la vîteſſe doivent augmenter ou diminuer proportionnellement, & par des degrés ſemblables. Caſſini compara donc les changemens de la vîteſſe aux changemens de la grandeur de l'image exactement meſurée, & il vit, il montra que la vîteſſe croiſſoit ou décroiſſoit dans une plus grande proportion que les diametres du ſoleil (b) ; l'excentricité n'agiſſoit donc pas ſeule, il y avoit donc dans la marche de l'aſtre une inégalité qui lui étoit eſſentielle, & qui ne tenoit point à la poſition excentrique de l'œil dans l'orbe décrit. C'eſt cette inégalité qui avoit conduit Képler pour découvrir la forme

(a) Hiſtoire de l'Aſtronomie moderne, Tom. I, p. 391.

(b) Caſſini, *Specimen obſerv. Bonon. & Epiſt. ejuſdem.*

elliptique des orbites. Bouillaud l'avoit adoptée, mais beaucoup d'astronômes se refusoient encore à cette nouveauté hardie ; le soleil parla lui-même par l'organe de Cassini, & il ne fut plus permis de douter après cet oracle.

§. VI.

Ces observations, ces remarques de Dominique Cassini ne furent point infructueuses, & la méridienne de Sainte Petrone lui fournit les moyens de construire de nouvelles Tables du soleil ; il résolut le problême où avoit échoué Képler, de déterminer par trois observations l'apogée, l'excentricité, & les inégalités d'une planete. Ce problême, résolu dans le cercle par Hypparque (*a*), étoit infiniment plus difficile dans l'ellipse de Képler (*b*). Cassini supposoit que le mouvement inégal, autour du foyer ou etoit le soleil, étoit égal autour de l'autre : mais cette hypothèse, imaginée par Albert Curtius, & suivie par Street & par Bouillaud, n'étoit point exacte & ne représentoit pas toujours assez bien les observations ; c'est pour trouver quelque part un centre d'uniformité, que Mercator avoit fait la *section divine* de l'excentricité (*c*). Dominique Cassini, conduit par des vues plus saines, en adoptant la supposition d'Albert Curtius, changea la courbe des mouvemens, il enseigna à décrire une espece d'ovale fort ressemblante à l'ellipse, mais qui cependant n'en est pas une (*d*). S'il s'éloigna de la vérité des mouvemens elliptiques, il s'en éloigna peu. Ce centre d'égalité tenoit lieu du centre de l'équant de Ptolémée ; mais ce centre ne subsiste nulle part ; il n'y a d'égalité réelle que dans la proportionnalité des tems avec les aires décrites

(*a*) *Suprà*, Tom. I, p. 87 & 472.
(*b*) Cassini, Elémens d'astron. p. 173.
(*c*) *Suprà*, p. 214.
(*d*) Cassini, *Ibid.* p. 149.

autour du foyer, découverte par Képler. C'est la loi du ciel, nulle hypothese ne peut être vraie, si elle n'est établie sur cette loi, ou si elle ne la confirme.

§. VII.

COPERNIC & quelques anciens avant lui, ont enseigné que le globe de la terre tourne sur son axe, & présente successivement ses différentes parties au soleil, pour faite l'alternative des jours & des nuits. Nos sens ne sont point affectés de ce mouvement; à nos yeux c'est le soleil qui se leve & se couche, ce sont les étoiles qui semblent nous chercher en sortant de l'horizon, & qui semblent nous fuir en s'y replongeant. Il faut de la foi pour croire que les faits sont entierement contraires à ces apparences; la raison a toujours besoin de se rassurer sur cette étrange conclusion. On avoit découvert la rotation du soleil autour de son axe, mais qu'est-ce que le soleil? C'est un astre de feu & de lumiere, c'est le brasier de l'univers; l'agitation paroît essentielle à la matiere ignée. Peut-on établir des rapports, y a-t-il de l'analogie entre cette matiere active & lumineuse & la matiere lourde & obscure dont est formé notre globe? Le soleil peut se mouvoir sur son centre sans que la terre se meuve sur le sien, & quoique ce soit l'analogie qui nous conduise le plus souvent dans la connoissance de l'univers, cette analogie ne doit rapprocher que des substances de la même espece. Il falloit donc un autre exemple que celui du soleil; cet exemple fut offert à des yeux trop attentifs pour laisser échapper des vérités. Le génie de Cassini l'appeloit à l'héritage de Galilée; le monde de Jupiter & de ses quatre satellites étoit un trésor de connoissances & d'utilités. Galilée qui les découvrit, n'avoit pas vu tout ce qu'on y peut voir. L'instrument trop nouveau, le télescope

n'étoit pas assez perfectionné ; & d'ailleurs la satisfaction des découvertes suspend peut-être pendant un tems les progrès ; l'esprit s'y complaît & s'y repose : ce qu'on voit retient les regards, & nuit à ce qu'on peut voir encore ; il faut bien jouir de la vérité apperçue. Cassini, frappé de l'utilité de ces astres nouveaux pour la détermination des longitudes terrestres, jaloux d'atteindre à la gloire de Galilée, en complettant, en exécutant ses idées, porta ses yeux frais & avides sur Jupiter & sur les mouvemens de ses satellites ; ce fut sa contemplation habituelle. Il retrouva sur cette planete les bandes que Galilée y avoit trouvées, & qui partagent le disque par son milieu. Ces bandes continues, en forme de zône ou de ceinture ; n'offrirent rien de plus à Cassini, que des changemens déjà remarqués dans leur nombre & dans leur largeur. Il apperçut d'autres traces plus petites, semées, isolées sur le disque ; elles fixerent son attention, il y revint plusieurs fois dans l'intervalle d'une nuit : mais ces taches n'étoient plus à la même place ; elles étoient ou plus près, ou plus loin des bords du disque. Tout objet qui a du mouvement est une occasion de travail & de découvertes pour l'astronôme. Il étoit évident que ces taches avoient marché sur le globe, ou bien ce globe tournoit sur lui-même pour les faire passer devant nous. Le premier soupçon fut bientôt détruit, ces taches n'avoient point de mouvement propre : elles étoient adhérentes au corps de Jupiter ; on les voyoit plus grandes dans le milieu du disque, leur mouvement y étoit plus rapide que vers les bord. Nous avons déjà dit, en parlant des taches du Soleil (*a*), que ces apparences sont les preuves de l'adhérence au globe ; le mouvement des taches n'étoit donc que celui du globe, & Jupiter

(*a*) *Suprà*, p. 106.

tournoit fur lui-même. Caffini, en fuivant conftamment les phénomènes de l'apparition & de l'abfence des mêmes taches, découvrit que cette rotation de Jupiter s'accomplit en neuf heures cinquante-fix minutes (a). Si cette planete a des habitans, c'eft la durée de leur révolution diurne; leur jour eft de cinq heures, leur nuit n'eft pas plus longue. Chez eux la lumiere & la nuit, le travail & le repos fe renouvellent plus fouvent que chez nous, & fe fuccedent par de plus courts intervalles. L'axe, les pôles de ce mouvement font prefque perpendiculaires à la route que Jupiter décrit autour du Soleil; l'équateur de ce globe fe confond prefque avec fon écliptique. Tous les biens qui dépendent de la préfence de l'aftre des jours font donc conftans; il n'y a point de viciffitudes dans les faifons, & c'eft là que doit exifter le printems éternel des poëtes. Prefque partout les jours font égaux aux nuits : mais auffi quelque peu d'inclinaifon que cet équateur ait fur l'écliptique, quand le Soleil eft une fois au-deffous de cet équateur, il y eft pour long-tems; les pôles perdent cette vue confolante & falutaire pendant une demi-révolution, & leur nuit, au lieu d'être de fix mois comme la nuit de nos pôles, eft de fix de nos années. Ces habitans de Jupiter ont autant de droit que nous a faire tourner le Soleil autour d'eux, pour accomplir leur jour & leur nuit de dix heures; leur propre mouvement n'eft pas plus fenti par eux que nous ne fentons le nôtre. Ils ne voyent point la marche des taches qui font fur leur demeure, & qui nous démontrent ce mouvement. Malgré notre éloignement, nous fommes donc mieux inftruits des phénomènes qui les concernent. C'eft le fort de l'homme, éclairé fur tout, aveugle pour lui-même; ce qui eft près de lui, ce qui le touche

(a) En Juillet 1665, Caffini, *Elem. d'aftron.* p. 403.

eſt ce qu'il ignore. Il faut que l'exemple ſerve à la raiſon, les habitans de Jupiter ſe trompent, ne nous trompons pas comme eux. Cette lourde & volumineuſe planete, en tournant rapidement ſur ſon axe dans le court intervalle de dix heures, nous enſeigne, nous démontre que notre globe, environ mille fois plus petit, eſt capable de tourner lui-même, mais avec moins de force, avec plus de lenteur, & dans un intervalle de vingt-quatre heures. Copernic, par des raiſons de probabilité & de convenance, par la raiſon ſi puiſſante de la ſimplicité, démontra le mouvement de la terre aux philoſophes; Caſſini, en découvrant un nouveau phénomène aſtronomique, rendit ce mouvement ſenſible par une analogie complette, & la vérité fut acceſſible pour tous les hommes.

§. VIII.

DOMINIQUE CASSINI penſa que l'exemple de la rotation de Jupiter n'étoit pas unique. La nature dans ſes productions, attache aux eſpeces plus d'une reſſemblance; elle ne ſe diverſifie que dans les détails des choſes, elle ſe copie dans les grands caracteres. Les corps des planetes ſemblables par leur forme de globe, par la propriété de réfléchir la lumiere, par le mouvement qui les tranſporte dans des ellipſes, en obéiſſant aux mêmes loix, pouvoient ſe reſſembler encore par la rotation ſur leur axe. Caſſini tourna ſes yeux ſur Mars; il y trouva des taches auſſi grandes que celles de la lune, relativement à la proportion des diſques apparens. Il vit ces taches ſe mouvoir comme celles de Jupiter, il en deſſina les figures, & le tableau changea ſuivant les différens inſtans. Il reconnut les deux hémiſphères de la planete, préſentés ſucceſſivement par un mouvement de rotation. Enfin ſaiſiſſant & comparant les tems où il avoit vu le même tableau & le même hémiſphere, il

s'assura que Mars tournoit sur lui-même en vingt-quatre heures trente-neuf minutes. Ce mouvement s'accomplit presque parallement au plan de la route de Mars autour du Soleil ; l'axe est presque perpendiculaire à cette orbite (a) ; ainsi le printems perpétuel regne encore dans cette planete, & les habitans, si elle en a, ont des jours à peu près pareils aux nôtres.

§. IX.

DANS le même tems en Angleterre, Hook, qui sera toujours célebre pour avoir eu l'idée de la gravitation, pour avoir engagé Newton dans sa vaste entreprise, Hook avoit considéré ces taches de Jupiter & de Mars. Il remarqua sur la premiere de ces planetes une petite tache séparée des bandes, il suivit son mouvement, & il reconnut qu'elle avoit parcouru environ la moitié du diametre de Jupiter en deux heures (b). Il vit aussi des taches sur le disque de Mars, il leur reconnut un mouvement, & il invita les astronômes à les observer (c). Il continua de les observer lui-même, & retrouvant ces taches mobiles à la même place plusieurs jours de suite, & à la même heure, il en conclut que Mars faisoit une ou deux révolutions en vingt-quatre heures (d) ; mais il n'alla pas plus loin, & ne détermina point les révolutions de Jupiter & de Mars. Cassini en Italie prévenoit ses invitations, il mesuroit avec exactitude les mouvemens qu'Hook n'avoit fait qu'appercevoir (e). Ces observations délicates dépendent beaucoup de l'excellence des instrumens. Cassini, né dans un plus beau climat, avoit encore pour lui la perfection des télescopes

(a) Cassini, *Élem. d'astron.* p. 458.
(b) En 1664, Transac. philos. N°. 1 & N°. 4.
(c) En 1666 *Ibid.* N°. 11.
(d) *Ibid.* N°. 14.
(e) Les Observations de Hook sont de Mars 1666.
Celles de Cassini sont de Février.
Transact. philos. N°. 14.
Cassini, *Elem. d'astron.* p. 458.

télescopes de Campani ; cet artiste célebre a contribué aux progrès de l'astronomie. On a vu que l'invention du télescope avoit ouvert le ciel à Galilée ; Campani, en travaillant des objectifs plus forts, qui rendoient les objets avec plus de lumiere, de grandeur & de fidélité, facilita les découvertes de Dominique Cassini. Mars s'offre à nos yeux sous une petite apparence ; ses taches sont quelquefois obscures & mal terminées : si le télescope n'est pas excellent, il est facile de les confondre & de se tromper sur leur retour. Des astronômes Romains, qui observoient avec des verres de Divini, bien inférieurs à ceux de Campani, se trouverent sans doute dans la même incertitude que l'astronôme Anglois ; moins sages que lui, ils déciderent que la révolution de Mars s'accomplissoit en treize heures, & ils se tromperent (a). La détermination de Dominique Cassini a été vérifiée & confirmée deux fois par Maraldi, & par de nouvelles observations (b).

§. X.

Ce phénomène, semblable dans les globes de Jupiter & de Mars, invitoit Dominique Cassini à généraliser la loi de la nature, & à chercher le même phénomène dans d'autres planetes. Il considéra Vénus ; il y vit des taches, mais ces taches étoient très-foibles, d'une étendue considérable, irréguliere, avec des contours mal terminés, & peu propres à être distingués. Cassini avoit soumis Jupiter & Mars, mais Vénus, par des difficultés nouvelles, s'efforçoit d'échapper à l'astronôme. Cette planete, lorsqu'elle est le plus près de nous, s'éleve peu sur l'horizon ; elle est donc enveloppée de vapeurs, & en

(a) Cassini, *Elémens d'Astronomie*, page 419.

(b) Mém. de l'Acad. des Scien. ann. 1706, p. 714 ; 1720, p. 144.

même tems sa lumiere éclatante est trop agitée par le tremblement de l'atmosphere. Plus les planetes approchent du soleil, plus leur lumiere réfléchie approche de son éclat. Nul homme n'a l'organe assez fort pour fixer cet astre; la vue est encore trop foible pour fixer Vénus, il faut la couvrir d'un voile; on est obligé de rétrécir l'ouverture de l'objectif pour diminuer sa lumiere, ou de l'enduire d'une légere fumée, pour ne laisser voir Vénus qu'à travers une espece de nuage. Malgré ces attentions, les taches de son disque sont encore difficiles à appercevoir; il vaut mieux attendre que la planete soit plus éloignée, s'éleve davantage au-dessus de l'horizon & hors des vapeurs grossieres; sa lumiere moins vive est plus tranquille, mais alors elle n'est éclairée qu'à moitié, ou même en croissant. Alors la vue n'a que peu d'espace à parcourir, les taches ont moins de chemin visible, & le mouvement est d'autant moins apparent. Cependant, malgré ces difficultés, comme le génie & les efforts surmontent tout, Cassini parvint à distinguer une partie de Vénus plus claire que le reste du disque (*a*); il la suivit & il s'assura de son mouvement. La planete de Vénus étoit donc soumise, comme les deux autres, à une loi qui sembloit devenir générale. Mais cette rotation offrit un phénomène particulier: celles de Jupiter & de Mars s'exécutoient presque parallèlement à l'orbite, & autour d'un axe presque perpendiculaire; les taches de Vénus au contraire parcouroient le disque du midi au nord, & l'axe de sa révolution diurne étoit presque couché dans le plan de son orbe autour du soleil (*b*). Ce phénomène a depuis été confirmé par Bianchini (*c*); mais le tems de cette rotation devint un pro-

(*a*) Le 14 Octobre 1666.
(*b*) Cassini, *Elem. d'Astr.* p. 511.
(*c*) Bianchini, *hesperi & phosphori nova phenomena.*

blême difficile : Jupiter & Mars peuvent se laisser voir dans toute l'étendue des longues nuits, Vénus, forcée de suivre les pas du Soleil, ne le précede & ne le suit jamais que de quelques heures ; on ne peut donc observer sa rotation pendant un tems suffisant pour en dévoiler toutes les circonstances.

Cassini ne voulut pas prononcer sur la totalité d'un mouvement dont il n'avoit observé qu'une petite partie ; il ne décide point si c'est une révolution entiere, ou une libration semblable à celle de la lune. Cette modestie & cette réserve dans les jugemens sont la preuve d'un bon esprit. Cependant il devina, ou il soupçonna que le tems de la rotation pouvoit être de 23 heures & un quart (*a*). Cette divination d'un homme supérieur a bien quelque poids ; quand les yeux sont exercés, ils acquierent une finesse de tact à laquelle on peut s'en rapporter. Des sensations multipliées & délicates donnent lieu à des jugemens dont on ne peut rendre compte, & qui n'en sont pas moins solides pour paroître dénués des motifs qui les fondent.

§. XI.

Pour ne pas revenir sur cette matiere, nous dirons que Bianchini, prélat distingué à Rome par le savoir & par le zele de l'astronomie, observa de nouveau en 1726 les taches de Vénus. Dominique Cassini, fixé en France, n'avoit pu les revoir ; il faut à ces recherches le climat de l'Italie. Bianchini conclut de ses observations que Cassini s'étoit trompé, non sur le sens de ce mouvement, mais sur la durée. La différence de leurs résultats est même très-grande. Bianchini trouve que la rotation ne peut être révolue que dans 24 jours &

(*a*) Cassini, *Elemens d'Astronomie*, p. 515.

8 heures (*a*). Qu'on n'imagine pas que la différence de ces résultats dépende d'une erreur grossiere ; la tache se remontre le lendemain, peu éloignée du lieu où elle a paru la veille, la différence n'est qu'un petit espace; Bianchini suppose qu'elle n'a parcouru réellement que ce petit espace ; Cassini a cru pouvoir juger qu'elle avoit accompli une révolution entiere avant de le parcourir. C'est dans des cas semblables que la vue de l'esprit aide & surpasse la vue corporelle. Jacques Cassini, fils de Dominique, défendit son pere qui n'étoit plus ; il discuta les observations, & il montra qu'elles ne suffisoient pas pour prononcer entre les deux astronômes. C'est alors que l'évaluation morale & la considération du génie peuvent entrer dans la balance. Les observations sont des faits, elles doivent être fidelles, c'est une affaire de probité ; elles sont exactes lorsque l'astronôme a de l'adresse & de l'intelligence. Nous ne révoquerons point en doute ni les observations de Bianchini, ni encore moins celles de Dominique Cassini ; mais pour avoir un sentiment dans cette matiere incertaine, pour nous décider entre les tems si différens de cette rotation observée, l'un de 24 jours & 8 heures, l'autre de 23 heures & un quart seulement, nous remarquerons avec Jacques Cassini (*b*), que les observations nouvelles s'expliquent très-bien dans l'hypothèse de son pere, peuvent s'accorder avec une rotation de 24 heures, au lieu que si celle de 24 jours a réellement lieu, tout ce qu'a vu Cassini n'a été qu'une apparence illusoire, & il est bien difficile de croire que ce grand homme s'y soit laissé tromper.

§. XII.

MAIS Bianchini fit ce que Dominique Cassini n'avoit point

(*a*) Bianchini, *hesperi & phosphori nova phenomena*.

(*b*) Cassini, *Elémens d'Astronomie*, page 525.

fait, il détermina exactement le mouvement; la rotation est presque perpendiculaire à l'orbite de Vénus, son axe ne s'éleve sur ce plan que par un angle d'environ 15 degrés. Il alla plus loin, & ayant suivi les phénomènes de la rotation pendant toute une révolution de Vénus autour du Soleil, il s'assura que l'axe avoit une inclinaison constante, & que conservant son parallélisme comme l'axe de la terre, il étoit toujours dirigé au même point du ciel. Les grands phénomènes sont donc généraux : voilà quatre planetes qui roulent sur elles-mêmes, & leurs axes sont inébranlables dans la même position. Cette découverte est encore une confirmation de l'hypothèse de Copernic, ou plutôt de la vérité de son systême du monde; pour expliquer les saisons, il avoit été obligé de supposer le parallélisme, & le regard constant de l'axe de la terre au même point du ciel. Ce phenomène se trouve dans le globe de Vénus; ce n'est plus un fait isolé dans la physique céleste, on peut croire que c'est une loi de la nature. C'est ainsi que la vérité s'établit, chaque jour l'éclaire de sa lumiere, & lui donne des titres nouveaux. Ce globe de Vénus ne jouit point du printems perpétuel que nous avons trouvé sur les planetes de Jupiter & de Mars; les saisons n'y sont point nuancées comme sur la terre : les habitans de Vénus ne peuvent en connoître que deux, l'été & l'hiver. La révolution diurne ne fait point le jour & la nuit, elle expose toujours le même hémisphere aux regards du Soleil; & si Vénus n'avoit point de route à parcourir, si elle étoit immobile dans un point de l'espace, la moitié de son globe seroit le séjour de la nuit & de l'hiver, tandis que l'autre moitié, dans un jour éternel, ressentiroit constamment les ardeurs de l'été, & seroit brûlée des rayons du Soleil. Mais elle se meut, & dans sa course de 224 jours, elle présente successivement ses différentes parties

au foyer de la chaleur. Là, comme aux deux pôles de la Terre, les jouissances & les absences sont longues : quand un hémisphere de Vénus perd ou recouvre la lumiere, c'est à peu près pour une demi-révolution ; & dans cette révolution de 224 jours, qui fait l'année de Vénus, la plupart de ses habitans n'ont qu'un jour & qu'une nuit.

§. XIII.

L'ANALOGIE porte à croire que les deux autres planetes, Saturne & Mercure, ont aussi ce mouvement de rotation sur leur axe. Saturne, sans cette rotation, n'auroit qu'un jour & qu'une nuit dans une révolution de près de trente ans ; un de ses hémisphères pendant quinze années, seroit privé de la chaleur du Soleil & de la vue de sa lumiere. On peut juger de la tristesse d'un hiver si durable & d'une nuit si longue ! Mercure également dans sa courte révolution de 88 jours, n'auroit qu'un jour & qu'une nuit ; mais la proximité du Soleil rendroit insupportables ce jour & cet été de 44 jours ; la petite planete auroit tour à tour un de ses hémisphères brûlé. Cependant ces causes finales ne sont point des raisons de croire, elles nous feroient juger la nature par nos vues ; cette mesure est insuffisante & trompeuse. Les astronômes sans avoir égard à ces causes, sont persuadés que Saturne & Mercure tournent sur leur axe ; leur opinion est mieux fondée sur l'analogie qui unit toutes les parties de l'univers, & sur cette vérité d'observation, que dans les classes des corps, dans les especes semblables, les grands caracteres sont constans. Mais Dominique Cassini, ni aucun astronôme depuis lui, n'a pu vérifier dans Saturne & dans Mercure, la généralité de la loi. Saturne est à une distance énorme, Mercure est enveloppé des rayons du Soleil ; l'un n'offre qu'un petit disque, avec une lumiere si

foible qu'on n'y peut diftinguer ni taches ni mouvement ; l'autre, avec encore plus de petiteffe, a un éclat fi vif qu'on a peine à voir fes phafes, encore moins y verroit-on des taches. L'un eft trop obfcur, & l'autre trop lumineux pour nous ; les excès accablent l'homme, il ne fupporte ni la pauvreté, ni l'abondance.

§. XIV.

Une découverte entierement nouvelle, fut celle de l'aplatiffement de Jupiter. Dominique Caffini s'apperçut que le difque de cette planete n'étoit pas exactement rond ; il fembloit que fon globe eût été preffé & aplati par quelque force, pour prendre la figure d'un fphéroïde, & pour donner au difque une forme furbaiffée & elliptique. Quoique cet aplatiffement foit affez confidérable, relativement aux dimenfions du globe, ce globe eft encore fi petit dans nos lunettes, que l'aplatiffement peut échapper à la vue. Galilée ne l'avoit point connu. Depuis foixante ans que les télefcopes étoient découverts, aucun aftronôme ne l'avoit remarqué ; Dominique Caffini luimême en douta quelquefois, & crut voir Jupiter parfaitement rond (a) : mais ce n'étoit qu'une illufion d'un moment, il revit bientôt la forme elliptique du difque (b), & il eftima l'aplatiffement d'un quinzieme. Lahire, Picard le virent comme Caffini, & cet aplatiffement a été bien conftaté depuis : Pound, Anglois, le mefura avec de bons inftrumens, & trouva que l'un des diametres étoit plus court que l'autre d'un dixieme ou d'un quatorzieme ; M. Schort, auffi Anglois, par des mefures encore plus délicates, a déterminé depuis peu que les diametres de Jupiter font entr'eux comme 13 à 14 (c). L'aplatiffement eft

(a) Mém. de l'Acad. des Scien. Tom. II, page 67.

(b) *Ibid.* p. 81.

(c) M. de la Lande, *Aftr.* art. 3222.

donc de la quatorzieme partie du diametre de l'équateur de Jupiter; car le diametre le plus court est celui qui est presque perpendiculaire à son orbite, & qui passe par les pôles de sa rotation diurne. Ainsi les planetes dépouillées de leur intelligence divine, déchues de l'uniformité circulaire, devenues terrestres & matérielles, assujetties à des loix mécaniques, perdoient encore tout ce qui leur restoit de leur antique noblesse, cette forme sphérique, la plus parfaite de toutes, selon les anciens, & celle qui attestoit l'excellence de ces êtres célestes.

§. XV.

Ces découvertes sur la rotation & la figure des planetes, tant de remarques curieuses & intéressantes, ne coûterent, pour ainsi-dire, qu'un regard à Dominique Cassini; ses méditations l'attachoient au monde de Jupiter, ce monde étoit encore peu connu, il méritoit la curiosité du génie. Ce monde, Galilée l'avoit dit, pouvoit être utile aux habitans de la terre. C'est un beau motif que celui de servir les hommes, toujours aimés de l'homme de bien! Cassini, se livrant à l'observation des satellites de Jupiter pour la recherche des longitudes terrestres, remplissoit les vœux de son cœur & de son esprit, il servoit l'humanité & les sciences. Mais quoique cette théorie des satellites eût été commencée par un grand homme, par Galilée, elle étoit encore bien peu avancée. C'étoit en effet un monde dont il falloit débrouiller les apparences. Quand les faits se présentent en foule, on voit mal pour voir trop à la fois : l'homme a besoin de tems, il faut que la nature se répete; il la surmonte, mais en la décomposant, mais en soumettant les faits à un certain ordre, qui est celui de son esprit, & qui le rend maître de les comparer. Cet ordre n'existoit pas dans les faits des satellites; on n'observa d'abord

que

que leurs configurations entr'eux, & à l'égard de Jupiter, sans les distinguer les uns des autres. Quoiqu'on eût essayé de déterminer les tems de leurs révolutions, il s'en falloit beaucoup qu'ils fussent assez bien connus pour qu'on pût suivre les satellites, & les reconnoître par leur mouvement & par leur position. On n'avoit alors d'autre indice que la différence de leur grandeur & de leur éclat. Le troisieme satellite étoit le plus brillant, le quatrieme le plus petit; mais comme cet éclat & cette grandeur varient pour des causes que nous dirons dans la suite, on pouvoit les confondre, & les deux autres se confondoient encore plus aisément. Cassini avoit tout à faire, il avoit quatre planetes dont il falloit développer & observer les mouvemens. Tant de siecles & tant d'hommes qui l'ont précédé, avoient été assez embarrassés des cinq planetes qui entourent le Soleil; il falloit qu'un homme fît à lui seul sur ces astres nouveaux ce que la haute antiquité n'avoit pu faire sur les astres les plus anciennement connus & les plus visibles! Cassini l'entreprit, & il y réussit en peu d'années.

§. XVI.

Jupiter, nous l'avons dit, a une ombre conique comme celle de la Terre, & cette ombre s'en va porter au loin la privation de la lumiere du Soleil. Dès que les satellites entrent dans cette ombre, ils perdent leur éclat emprunté de cet astre, & ils cessent d'être visibles pour toutes les parties de la Terre où Jupiter l'est lui-même. Dominique Cassini conçut que ces phénomènes de la disparition & de la réapparition des satellites dans leurs éclipses, ces signaux presque instantanés, partout apperçus, étoient les plus propres à donner les longitudes, & en même tems les plus utiles pour parvenir à la connoissance du mouvement de ces petites

planetes. Cassini s'attacha donc à suivre les éclipses pour déterminer les révolutions ; mais il reconnut bientôt, comme Galilée l'avoit déjà reconnu avant lui, que ces révolutions n'étoient pas toujours égales ; & il est aisé de voir que cela doit être ainsi. Pendant que le satellite marche dans son petit orbe, la planete, ainsi que son ombre, marche dans le sien ; & lorsque le satellite revient au lieu où il s'étoit éclipsé, l'ombre n'y est plus, elle s'est avancée, & il faut que le satellite l'atteigne pour s'éclipser de nouveau. Ce n'est pas assez d'avoir parcouru le cercle entier, il faut qu'il parcoure un espace égal au chemin qu'a fait Jupiter. Le tems qu'il emploie à parcourir ce cercle & cet espace, est celui de sa révolution qui seroit toujours égale, si Jupiter avoit toujours la même vîtesse. Mais cette planete, comme toutes les autres, se transporte à pas inégaux dans son orbite elliptique ; cette inégalité se manifeste dans la révolution des satellites, parce que Jupiter allant plus vîte ou plus lentement, ils ont plus ou moins de chemin à faire pour atteindre l'ombre où ils se plongent. Les inégalités, quand elles sont connues & calculées, n'embarrassent point les astronômes, ils en dépouillent les observations ; & ils parviennent à cette égalité plus simple & plus commode, vers laquelle ils tendent toujours, quoique la nature s'y refuse sans cesse.

§. XVII.

L'INTERVALLE entre le moment de l'immersion où le satellite se plonge dans l'ombre, & le moment de son émersion, où il en sort, est la durée de l'éclipse. Dans l'instant du milieu, le satellite est au milieu de l'ombre, il est dans la ligne droite menée du Soleil par le centre de Jupiter, comme la lune, dans ses éclipses, est dans la ligne menée par les centres du

Soleil & de la Terre. Cet inſtant du milieu des éclipſes des ſatellites eſt celui qu'on choiſit pour commencer & pour finir leurs révolutions. Les ſatellites, différemment éloignés de Jupiter, doivent ſouffrir des éclipſes plus ou moins longues à raiſon de leur diſtance. Comme l'ombre eſt conique, les plus éloignés traverſent une partie moins large, & leurs éclipſes, à cet égard, devroient être plus courtes que celles des ſatellites plus proches. Mais ceux-ci ſe meuvent plus vîte, ils parcourent de plus grands eſpaces en moins de tems, & les éclipſes ſont toujours d'autant plus courtes que les ſatellites ſont plus près de Jupiter (*a*).

C'étoit une queſtion intéreſſante de ſavoir ſi le plan dans lequel ſe meut chacun des ſatellites, eſt le même que celui de l'orbite de Jupiter, ou ſi la route du ſatellite eſt inclinée à cette orbite, comme la route de la lune à l'égard de notre écliptique. La ſolution de cette queſtion étoit délicate & difficile à tirer des obſervations groſſieres qu'on faiſoit avant Dominique Caſſini; elle avoit échappé à ceux qui obſervoient mal. Pluſieurs aſtronômes crurent que l'orbite des ſatellites étoit dans le même plan que celle de Jupiter; cependant Galilée & Borelli ſoupçonnerent qu'elle étoit inclinée. Caſſini le démontra, & le quatrieme ſatellite, le plus éloigné, en donna une preuve ſans réplique en ceſſant de s'éclipſer.

§. XVIII.

Les obſervations exactes de Dominique Caſſini, le mirent en état de réſoudre pleinement cette queſtion; il remarqua

(*a*) Dans les nœuds, les éclipſes du quatrieme ſatellite ſont de $4^h\ 26'$, celles du troiſieme, de $3^h\ 34'$, celles du ſecond, de $2^h\ 52'$; enfin celles du premier, qui eſt le plus proche de Jupiter, ſont de $2^h\ 16'$.

que la durée des éclipses d'un même satellite étoit variable; elle décroissoit pendant trois années, & mettoit trois autres années à redevenir la plus longue, puis décroissoit & recroissoit de nouveau dans l'autre demi-révolution de Jupiter. Ces phénomènes, communs aux quatre satellites, démontrerent à Cassini que leurs orbes étoient inclinés au plan de l'écliptique de Jupiter. Cette écliptique coupe l'ombre par son milieu, elle se confond avec un diametre de la section de cette ombre. Si le satellite sans inclinaison étoit toujours dans le plan de cette écliptique, il traverseroit donc le cercle de l'ombre, en suivant un de ses diametres; l'éclipse, toujours égale, seroit la plus longue possible. C'est en effet ce qui arrive aux points nommés les *nœuds*, où l'orbite du satellite coupe l'écliptique (*a*); mais dès que le satellite, dans une orbite inclinée, quitte le plan de l'orbe de Jupiter, & rencontre l'ombre dans des points éloignés de ses nœuds, il ne la traverse plus par son diametre, il parcourt une corde toujours plus courte que le diametre, & l'éclipse a une durée moins longue. Cette durée le sera d'autant moins que le satellite, marchant & s'élevant dans son orbite, s'éloignera plus de son nœud, jusqu'à 90 degrés de distance, où sera l'éclipse la plus petite, & où le satellite commençant à se rapprocher de l'autre nœud, les éclipses augmenteront aussi jusqu'au retour au nœud, où elles sont les plus grandes. Cette grandeur des éclipses dépend donc & de l'élévation du satellite sur l'écliptique, c'est-à-dire, de l'inclinaison de son orbe qui lui permet de s'élever ainsi, & de la distance du satellite à son nœud, où cette inclinaison n'a point d'effet.

(*a*) Lorsque Jupiter (*fig.* 15) est dans le nœud du satellite dont l'orbite AB coupe l'écliptique de Jupiter NOP en N, & par le centre de l'ombre, alors le satellite suivant son orbite, parcourt dans cette ombre le diametre AB; mais lorsque Jupiter est éloigné du nœud N, & que son ombre est en P, le satellite parcourt la corde CD, qui est toujours plus courte que ce diametre.

C'eſt ici une grande difficulté de la théorie des ſatellites, & loin de s'en plaindre, il faut s'étonner que des choſes ſi éloignées n'en ayent pas davantage. La variation des éclipſes eſt un effet de deux cauſes compliquées, l'inclinaiſon & la diſtance au nœud : quand on veut déterminer l'une, il eſt néceſſaire de ſuppoſer l'autre ; il faut chercher les circonſtances où une cauſe a plus d'effet, & l'autre moins. Mais ces circonſtances ſont difficiles à ſaiſir, Jupiter ne les ramene que tous les ſix ou douze ans. Plus de la moitié des éclipſes arrive pendant le jour, & le ciel des nuits eſt ſouvent chargé de nuées qui font le déſeſpoir des aſtronômes. Il ne faut qu'un inſtant de brume, un nuage leger placé par le haſard ſur l'objet qu'on obſerve, pour faire manquer un réſultat attendu depuis pluſieurs années.

§. XIX.

D'AILLEURS les quatre ſatellites n'offrent pas tous les mêmes facilités. L'ombre de Jupiter, projetée derriere lui, eſt étendue dans la direction du Soleil à Jupiter ; lorſque la Terre eſt entre ces deux aſtres, elle ne peut appercevoir le lieu de cette ombre, elle n'y voit point entrer, elle n'en voit point ſortir les ſatellites : il faut qu'elle s'écarte de la ligne menée du Soleil à la planete ; alors voyant Jupiter de côté, elle peut prolonger ſa vue derriere lui, & obſerver ce qui s'y paſſe. Mais la groſſeur du globe de Jupiter, placé au milieu de l'ombre, en cache toujours une partie ; le premier ſatellite, qui a le plus petit cercle, paſſe dans l'ombre ſi près de la planete, que l'on ne peut, dans une même éclipſe, ſaiſir l'inſtant de ſon entrée & celui de ſa ſortie ; on ne voit que l'une des deux : on n'a donc jamais directement la durée des éclipſes ; il faut au contraire la déduire de la largeur calculée de l'ombre. On conçoit que l'ombre d'un corps dépend de la grandeur de ce

corps, de la grandeur & de la distance du flambeau qui l'éclaire, enfin que le satellite y reste un tems plus long, à proportion de sa proximité, & suivant qu'il trouve une partie plus large de cette ombre conique. Le second satellite est souvent dans le même cas que le premier : quelquefois cependant sa distance & son élévation permettent de voir les deux phases du commencement & de la fin de ses éclipses. On voit presque toujours celles du troisieme satellite, mais en même tems que la nature donne des facilités d'un côté, il semble qu'elle se plaise à les ôter de l'autre. Ce satellite, plus éloigné, décrit un plus grand cercle, sa révolution est plus longue, ses éclipses plus rares; les occasions manquées se retrouvent plus difficilement. A cette difficulté le quatrieme satellite en joint une autre; l'ombre de Jupiter, à mesure qu'elle s'éloigne, va toujours en diminuant, elle est plus petite dans l'orbite d'un satellite plus éloigné; à la distance du quatrieme, elle est telle que ce satellite, marchant dans son orbe incliné, passe pardessus l'ombre & cesse de s'éclipser lorsqu'il arrive vers 50 ou 55 degrés de distance à son nœud. Tant de difficultés demandent, pour être vaincues, ou un grand tems, ou une grande sagacité; l'espece seule a du tems, l'individu n'a de ressource & de secours que son propre génie : mais le génie supplée au tems. Dominique Cassini a valu plusieurs siecles à l'astronomie; ce grand homme, avec une assiduité de peu d'années, se soumit entierement la théorie des satellites de Jupiter, du moins relativement aux phénomènes principaux. Il a déterminé avec exactitude les tems des révolutions de ces petites planetes, les durées les plus longues & les plus courtes de leurs éclipses. Il a établi qu'ils se mouvoient tous quatre dans un même plan, incliné de 2 degrés 55 minutes à l'écliptique de Jupiter, & coupant cette écliptique vers le quinzieme degré du Lion & du Verseau. Ces quatre

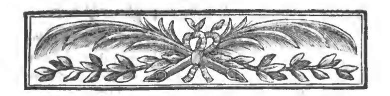
ſatellites, mus ainſi dans un ſeul & même plan, offroient un phénomène aſſez ſingulier. Il eſt rare que la nature ſe prête à de telles conformités, elle ne s'impoſe pas des regles ſi ſtrictes. Mais dans la multitude, dans la variété de ſes phénomènes, les détails ſe diſtribuent en différentes claſſes; la vue qui les parcourt, apperçoit d'abord les plus frappans; ceux-ci conduiſent une ſeconde vue à ceux d'un ordre inférieur, juſqu'aux plus fins & aux plus ſubtils qui demandent une vue plus exercée, & ſur-tout des ſiecles pour remettre ſans ceſſe les mêmes faits ſous les yeux. Si Caſſini donna aux quatre ſatellites la même inclinaiſon, ce n'eſt pas qu'il n'ait peut-être apperçu des différences; mais il étoit ſage, il n'oſa pas prononcer ſur ce qu'il voyoit confuſément. Les hommes ſont toujours neufs pour les objets nouveaux, les obſervations ſont plus mêlées d'erreurs, du moins on doit le croire, & Caſſini ne vouloit pas donner ſes erreurs pour des découvertes.

§. XX.

Les Tables des mouvemens des ſatellites, conſtruites par Caſſini, furent miſes au jour en 1666, la même année où ſon compatriote Borelli en mit au jour de pareilles, mais plutôt fondées ſur des hypothèſes que ſur les faits; auſſi furent-elles bientôt démenties par les faits, & oubliées pour celles de ſon heureux rival, qui avoit en effet le bonheur de la ſageſſe & du génie. Avec ces tables, on pouvoit toujours reconnoître les ſatellites & les diſtinguer les uns des autres, ſuivre leurs mouvemens, annoncer les tems & les durées de leurs éclipſes. C'étoit en effet la théorie de ces mouvemens; elle pouvoit être perfectionnée, mais elle avoit déjà de l'exactitude. Ce n'étoit point Caſſini qui annonçoit tous ces avantages, c'étoient les Tables elles-mêmes; elles paſſerent les monts & vinrent dans les mains

de Picard. Il calcula les éclipses qu'il devoit observer, il les observa ensuite, l'accord de ces Tables & du ciel le surprit; il loua l'auteur qui avoit bien saisi des marches compliquées & si long-tems énigmatiques ; il vanta l'excellence de ces Tables. Un hommage étranger & toujours pur fut la premiere récompense de Cassini. Il n'avoit point annoncé le mérite de son ouvrage, il n'avoit rien promis, & il eut encore le mérite de la modestie. La justice que Picard lui rendit parvint à Louis XIV, Colbert fut chargé de l'inviter à passer en France. Le ministre négocia pour faire cette acquisition ; les Etats en ont fait souvent de moins utiles & de moins glorieuses : il falloit l'agrément du Pape, on le sollicita pour quelques années. Dominique Cassini vint en France en 1669, & n'en sortit plus. Louis XIV obtint de le fixer près de lui ; il le fit François, en le naturalisant, & il le joignit à son Académie des sciences, & aux grands hommes de tous les genres, qui devoient faire de son regne une époque mémorable.





HISTOIRE
DE
L'ASTRONOMIE MODERNE.

LIVRE NEUVIEME.

De la Mesure de la terre, & des Voyages entrepris en France pour les progrès de l'Astronomie.

§. PREMIER.

DOMINIQUE CASSINI arrivé en France, trouva l'Académie occupée du dénombrement de nos connoissances; elle étudioit, examinoit les anciens, pour juger leurs opinions & leurs travaux, pour décider ce qui méritoit d'être conservé, & ce qui demandoit à être perfectionné ou recommencé. L'illustre Fontenelle nous a transmis le résultat de ces conférences savantes. On croit voir les Etats généraux d'une grande nation, assemblés pour discuter ses intérêts, s'éclairant par les abus du passé, & s'occupant du bonheur de l'avenir. Cette nation, c'étoit l'espece humaine, les intérêts discutés étoient ceux de l'esprit humain; l'Académie tenoit dans ses mains l'héritage des générations passées, & la fortune des générations futures. Dans ces momens de paix, de repos, où la voix du génie peut se faire entendre, dans ces

momens de fécondité, où plusieurs grands hommes réunis sont capables d'un grand effort, l'Académie disposa tout pour élever l'esprit humain, & le placer à une hauteur, à un degré de lumiere où l'on n'eût plus à craindre les rechûtes de l'ignorance, & où l'on pût se passer du mouvement qui manque aux siecles stériles.

§. II.

C'ÉTOIT en effet un renouvelement; les esprits étoient mûris par l'expérience, le génie éclairoit la raison, & la raison régloit le génie. On alloit faire la séparation des opinions saines & des opinions erronées; mais les faits avoient besoin d'être examinés comme les opinions: des instrumens nouveaux, le micrometre, les lunettes appliquées au quart de cercle, les horloges à pendule forçoient de recommencer toutes les anciennes déterminations. Tout ce qu'on a droit de regarder comme durable & permanent dans le ciel, devoit être fixé par la précision nouvelle; le passé ne pouvoit plus paroître à côté du présent, que pour déposer des changemens; & lorsque revêtu d'une haute antiquité, il pouvoit compenser par des siecles écoulés l'inexactitude de ses résultats. On lui demanda la durée des révolutions, parce que l'erreur s'évanouit & disparoît dans leur multitude; mais ce qui constituoit alors l'état présent du ciel, ne fut établi qu'avec les moyens récemment inventés, & par les lumieres nouvelles. Cassini, Picard, Auzout, la Hire en France, Hook, Flamsteed, Halley en Angleterre, Hévélius à Dantzic, s'occuperent d'élever ce nouvel édifice. Copernic avoit établi l'arrangement des corps célestes & le systême du monde; Képler avoit montré la vraie forme des orbites planétaires, & les loix des mouvemens célestes dans les routes elliptiques. Ces loix étoient des phénomènes généraux, elles appartiennent à l'empire de la

nature; il falloit détailler, partager cet empire dans ses différentes provinces, qui sont les orbes & les espaces parcourus par chacune des planetes. Chaque orbe est un monde à part, qui a ses phénomènes particuliers : pour le connoître, il faut savoir dans quel tems cet orbe entier est décrit; sous quel angle il coupe le plan de l'écliptique; vers quels points du ciel répondent les intersections de ces deux plans; vers quels autres points sont dirigées les extrémités de la ligne des absides; il faut savoir dans quel instant la planete y a passé; & pour déterminer la courbure de sa route, il faut connoître l'excentricité de son ellipse, c'est-à-dire, la distance qui existe entre le centre de cette ellipse & le foyer où reside le soleil enveloppé par ce mouvement. Ces six connoissances sont ce qu'on appelle les *élémens* d'une planete; leur réunion est ce qu'on nomme sa *théorie*. Nous serions accablés par les détails, si nous voulions suivre les astronômes dans les travaux successifs & multipliés qu'ils ont entrepris, pour établir, vérifier & perfectionner ces connoissances; il nous suffit de dire que ces élémens ont été depuis plus d'un siecle l'objet de l'attention & des veilles des astronômes, que ces déterminations ont été cent fois recommencées, pour profiter du tems, qui permet toujours plus de perfection, & pour reconnoître par cette vigilance, en comparant l'état présent à l'état ancien des choses, les modifications que la nature a mises à ses loix, & les changemens lents, mais sensibles, qui peuvent arriver dans le monde céleste.

§. III.

Des objets plus vastes vont nous occuper. Les découvertes qui ont fait marcher la science, les vues qui ont développé le mécanisme de l'univers, doivent fixer notre attention. Le premier de ces ojets fut la mesure de la terre : toutes les déterminations

Vuij

céleſtes, nous l'avons dit (*a*), ſont enchaînées à cette meſure ; elle eſt donc fondamentale. Elle mérita les premiers regards de l'Académie des ſciences de Paris, & c'eſt par cette grande opération, exécutée avec toute l'exactitude moderne, que ſes travaux commencerent. L'antiquité enveloppée dans l'incertitude de ſes ſtades, ne fourniſſoit pas beaucoup de lumieres ; on regardoit la détermination d'Eratoſthenes & celle des Arabes comme défectueuſes, & on avoit raiſon. L'ignorance de la valeur des ſtades empêchoit d'apprécier les déterminations rapportées par Ariſtote & par Poſſidonius. Les opérations modernes ne méritoient pas plus de confiance. Fernel voyageant dans une chaiſe, avoit meſuré un degré par un moyen groſſier : il ne s'éloigne pas beaucoup de la vérité ; mais on l'ignoroit, & on devoit eſtimer l'exactitude de ſon réſultat par l'inexactitude préſumée de ſes moyens. On délibéra ſur la méthode qu'on devoit choiſir ; Maurolicus (*b*) avoit propoſé d'employer une montagne dont la hauteur ſeroit connue par obſervation, ainſi que la diſtance où elle eſt viſible ſur mer ; mais ces deux obſervations ne ſont ſuſceptibles d'aucune préciſion. Le chemin que fait un vaiſſeau eſt toujours difficile à déterminer ; & la hauteur d'une montagne, vue à travers l'atmoſphere & le voile de ſes vapeurs, ſe reſſent de leurs variations, & eſt ſans ceſſe altérée par des réfractions inégales. Il y auroit donc incertitude & ſur la hauteur de la montagne, & ſur la diſtance du vaiſſeau. Riccioli (*c*) voulut auſſi meſurer la terre en employant une méthode de Képler : c'étoit alors une vérité d'obſervation, que les graves en tombant & les corps ſuſpendus tendent vers le centre de la terre. La diſtance de deux lieux quelconques de la ſurface eſt

(*a*) *Suprà*, Tom. I, p. 359.

(*b*) Mém. Acad. Sc. T. VII, Part. I, p. 55.

(*c*) Mém. de Acad. des Scien. Tome VII, part. I, p. 57.

la base d'un triangle dont le sommet est au centre du globe. Riccioli mesura cette base qui est un espace terrestre ; puis d'un des termes de cette base dirigeant sa vue à l'autre, il mesura l'angle de cette direction avec le fil à plomb ; ensuite répétant la même opération à l'autre extrémité, il eut les deux angles formés sur la base par les directions du fil à plomb, angles dont la somme étoit moindre que celle de deux angles droits ; ce qui manquoit étoit la valeur du troisieme angle formé au centre de la terre. Riccioli eut donc un espace terrestre mesuré, & l'angle au centre qui y répond. Cette méthode étoit ingénieuse ; Riccioli osa se passer du ciel pour mesurer la terre ; mais l'indépendance où il aspiroit l'égara. Le ciel, où réside l'ordre & la regle, peut seul nous fournir des lumieres sûres ; tout ce qui nous environne nous trompe, nous vivons entourés d'illusions souvent inévitables. Les objets vus de loin ne paroissent jamais dans leur vrai lieu, la réfraction les déplace tantôt plus, tantôt moins : ces objets peuvent paroître inégalement élevés, selon la saison, selon l'heure du jour ; & cette cause d'erreur, inconnue parce qu'elle varie sans cesse avec l'atmosphere, ne permet ni de mesurer leur hauteur vraie, ni de déterminer leur direction & l'angle au centre qui en dépend. D'ailleurs il faudroit que cette détermination fût faite avec une précision rigoureuse, pour déduire de ces petites données la grande circonférence du globe ; aussi Riccioli se trompa de près de 6000 toises sur la valeur du degré *(a)*.

§. IV.

SNELLIUS employa une meilleure méthode, c'étoit la méthode d'Eratosthenes & des anciens ; il mesura vers 1617 la distance terrestre, & l'arc céleste compris entre les villes d'Alc-

(a) M. de la Lande, *Astron.* art. 2632.

maer & de Bergopſoom ; il trouva la longueur du degré de 55021 toiſes, & ſe trompa de 2040 (*a*). Snellius a la gloire d'avoir tenté le premier cette entrepriſe en Europe, du moins par une méthode exacte : la meſure de Fernel, qui eſt plus ancienne (*b*), n'eſt qu'une eſtimation ; c'eſt par un heureux haſard qu'il trouva le degré de 56746 toiſes, & qu'il ne ſe trompa que de 300 toiſes. Il ſemble qu'on ne connut point alors en France, en 1670, une meſure des Anglois, plus exacte que celle de Fernel, de Riccioli, & de Snellius. Norvood en 1635 obſerva les hauteurs ſolſticiales du ſoleil à York & à Londres avec un ſextant de cinq pieds de rayon. La différence de ces hauteurs, ou l'arc céleſte compris entre ces deux villes étoit de 2 degrés 28 minutes ; puis ayant meſuré la diſtance itinétaire, partie avec des chaînes, partie avec ſes pas, ayant égard aux plus petits détours, & meſurant les angles avec un graphometre, il trouva la longueur du degré de 57442 toiſes (*c*). Mais toutes ces meſures avoient été trop hâtives, les moyens de préciſion manquoient encore en 1617 & en 1635 : ce n'eût pas été la peine de recommencer l'ouvrage des anciens, pour ne pas faire beaucoup mieux qu'eux, pour ne pas atteindre ſurtout une exactitude dont on pût répondre. Les aſtronômes François Auzout & Picard fournirent ces moyens en donnant le micrometre, en appliquant la lunette au quart de cercle. La facilité de pointer préciſément à un objet rendit les meſures céleſtes & terreſtres plus exactes ; il ne fallut plus que du ſoin & de l'adreſſe dans les opérations, & l'Académie s'occupa du

(*a*) M. de la Lande, *ibid.* Muſchembroeck ayant corrigé cette meſure tant par ſes propres obſervations que par celles de Snellius même, a trouvé le degré entre Alcmaer & Bergopſoom, de 57033 de nos toiſes. Muſchembroeck. *Diſſertatio de magnitud. terræ.*

(*b*) *Suprà*, Tom. I, p. 696.

(*c*) Tranſac philoſoph. 1676, N°. 126. Newton ne trouve que 57300, *Princ. mat.* Lib. III, propoſ. 19.

projet de mesurer la terre, avec une attention & un zele proportionnés à cette grande entreprise.

§. V.

La méthode que l'Académie employa fut celle de Snellius, celle d'Eratosthenes, & probablement celle des antiques habitans de la terre, qui nous en ont laissé une mesure si exacte, & qui n'auroient pu atteindre à tant d'exactitude sans une excellente méthode. Ce n'est pas notre faute si nous semblons revenir sur nos pas pour redire les mêmes choses ; l'esprit humain a des tems de sommeil, & quand il se réveille, il a perdu la mémoire du passé : il refait le même chemin comme nouveau, il croit inventer quand il retrouve. Mais les anciens, qui ont mesuré la terre, ne nous ont laissé d'autre preuve de leur habileté que la précision de leur résultat ; leurs moyens nous sont inconnus. Ici dans l'opération nouvelle, nous pouvons rendre compte des moyens, nous pouvons démontrer la précision, & marquer les limites de l'erreur.

La trigonométrie rend très-facile la mesure des espaces terrestres. Si l'on mesure la distance qui sépare deux objets *(a)*, que du premier on pointe à un troisieme avec un instrument circulaire, en mesurant l'angle formé par les rayons visuels, dirigés au second & au troisieme ; si ensuite, en se transportant au second objet, on mesure de même l'angle des directions au premier & au troisieme, le triangle formé par ces trois objets sera entierement connu ; les deux autres côtés, les distances du troisieme objet au second & au premier seront aussi bien connues que la premiere distance qui a été mesurée successi-

(a) *V.* la fig. 16 en mesurant la distance *ab*, les angles *cab*, *cba*, on a par le calcul non seulement le troisieme angle *acb*, mais les deux côtés & les deux distances *ac*, *bc*.

vement avec la toiſe. Ces diſtances connues par le calcul ; peuvent en faire connoître d'autres à de nouveaux objets, en formant de nouveaux triangles ; & en procédant ainſi par une ſuite de triangles enchaînés, on pourroit ſuivre & meſurer la circonférence entiere de la terre : mais ſa ſurface eſt ſemée d'obſtacles qui arrêteroient une entrepriſe trop hardie, & le tems manqueroit aux obſervateurs. D'ailleurs cette entrepriſe ſeroit auſſi inutile que téméraire : on connoît le rapport des parties du cercle à la totalité de ſon contour, il ſuffit de meſurer quelques degrés, ou un ſeul degré de la terre, pour avoir l'étendue de la circonférence entiere.

§. VI.

Picard fut chargé de cet important travail, il commença par meſurer la diſtance de Villejuif à Juviſy (*a*) ; c'étoit la baſe ſur laquelle tous ſes calculs devoient être appuyés : cette baſe fut trouvée de 5663 toiſes. Enſuite Picard placé à Juviſy, dirigea les deux lunettes d'un quart de cercle, l'une au moulin de Villejuif, l'autre au clocher de Brie, & il meſura l'angle compris entre ces deux directions : tranſporté à Villejuif, il meſura l'angle entre Juviſy & Brie (*b*), il en conclut par le calcul la diſtance de Villejuif à Brie de 11012 toiſes. Cette diſtance devenoit une nouvelle baſe : il forma un ſecond triangle entre Brie, Villejuif & Montlheri, il en conclut la diſtance de Brie à Montlheri de 13121 toiſes & demie ; puis un troiſieme triangle entre Montlheri, Brie & Montjay ; un quatrieme entre Montlheri, Brie & Malvoiſine ; & un cinquieme entre Montlheri,

(*a*) *Voy.* la figure 17.

(*b*) Puiſque les trois angles d'un triangle ſont égaux à deux angles droits, Picard auroit pu conclure immédiatement le troiſieme angle, mais il le meſura toujours directement, pour s'aſſurer qu'il n'y avoit point d'erreur dans la meſure des deux autres.

Montjay

Montjay & Mareil; il déduisit de toutes ces mesures la distance entre Mareil & Malvoisine de 32897 toises; enfin par treize triangles, il alla jusqu'à Sourdon, près d'Amiens & la distance de Sourdon à Malvoisine se trouva de 68430 toises & demie. Mais le calcul a ses erreurs comme les opérations méchaniques; Picard, pour s'assurer de ne s'être pas écarté du vrai, mesura encore aux environs de Sourdon une nouvelle base, qui par cette mesure comme par le calcul, se trouva de 3902 toises(*a*); & l'exactitude du calcul fut assurée. Nous ne détaillerons point les précautions qui ont été prises dans les mesures de ces deux bases; séparées par une assez grande distance, elles ne peuvent correspondre que par l'exactitude de toutes les opérations intermédiaires; cet accord est le fruit des soins accumulés. Une erreur commise sur la longueur de la premiere base s'augmente dans la suite des triangles enchaînés, tous les espaces calculés sont assujettis à cette erreur, & lorsqu'on en mesure un directement vers le terme de l'opération, l'erreur multipliée seroit très-sensible, le calcul & la mesure donneroient des quantités différentes.

§. VII.

Il ne s'agit plus que de lier tous ces triangles à la méridienne, & de la décrire sur la terre; car l'arc céleste qu'on doit mesurer s'étend dans le sens de cette ligne, & leur correspondance précise est un des fondemens de l'exactitude. Placé à l'observatoire de Paris (*b*), on observe, au moment du coucher du soleil, l'angle entre le centre de cet astre & un objet vu de l'horizon, comme la tour de Montlheri: or les mouvemens du soleil sont assez bien connus, pour qu'on sache tous les jours à quelle distance du méridien il se leve ou se couche; on sait

(*a*) Mém. Acad. Scien. Tom. I, p. 84.

(*b*) *Voyez* la figure 18.

à quelle diſtance de la tour de Montlheri il s'eſt couché, on peut donc conclure la diſtance de la tour de Montlheri à la méridienne qui paſſe par l'obſervatoire de Paris. On répete cette obſervation pluſieurs fois dans la chaîne des triangles, pour s'aſſurer de la direction de la méridienne, & c'eſt ſur cette ligne que l'on compte la diſtance itinéraire qui doit ſervir à déterminer le degré. Picard, ayant atteint avec une préciſion toute nouvelle la meſure d'un eſpace terreſtre, n'eut plus qu'à meſurer l'eſpace céleſte compris entre les zeniths de Malvoiſine & de Sourdon; il obſerva ſucceſſivement dans ces deux poſtes les diſtances méridiennes d'une même étoile au zenith, leur différence, qui ſe trouva d'un degré 11 minutes 57 ſecondes, étoit celle des zeniths (*a*); un eſpace, un angle d'un degré 11 minutes 57 ſecondes dans le ciel répondoit donc à une diſtance de 68430 toiſes & demie ſur la terre : Picard en conclut que le degré valoit 57064 toiſes & demie. Mais ayant lié Amiens à la ſuite de ſes triangles, & ayant trouvé que la diſtance entre cette ville & Malvoiſine étoit de 78850 toiſes, avec un arc céleſte d'un degré 22 minutes 55 ſecondes, il en conclut le degré de 57057, & fixa par un milieu la longueur du degré à 57060 toiſes. Les angles ſur le terrein furent pris avec un quart de cercle de 38 pouces de rayon, garni de lunettes, & les diſtances des étoiles au zenith avec un ſextant de dix pieds de rayon (*b*). En 1664 Auzout s'étoit plaint à Louis XIV que les inſtrumens manquoient en France, ce défaut fut bientôt réparé; dès 1667 l'Académie eut un quart de cercle de neuf pieds (*c*), & en 1670 elle eut un ſextant de dix pieds pour la meſure de la terre (*d*).

(*a*) La diſtance itinéraire meſurée ſur la terre étoit PS (*fig.* 19), les diſtances au zenith de l'étoile E étoient SE, PE, & leur différence SP étoit l'arc céleſte compris entre les zeniths S & P de Sourdon & de Malvoiſine.

(*b*) Mém. Ac. Sc. T. XII, P. I, p. 12 & 42.

(*c*) M. le Monnier, *Hiſt. cél.* p. 11.

(*d*) On trouve ici les méthodes de vérifier

Si l'on conçoit plusieurs enveloppes successives qui entourent & couvrent le globe de la terre, on voit que ces enveloppes doivent avoir successivement un contour plus large, une circonférence plus étendue que celle du globe. Les inégalités de la surface de la terre font l'effet de ces enveloppes; lorsque le sol s'éleve en montagnes, la distance au centre augmente, le rayon du cercle s'aggrandit, & la partie de la surface ainsi élevée appartient à une circonférence plus grande : voilà donc une nouvelle source d'incertitude dans cette détermination; le défaut & le remede furent apperçus par Picard. Nous avons des plaines unies, dont tous les points sont également éloignés du centre, elles suivent ce contour sphérique du globe que nous appelons le *niveau ;* ces plaines sont celles des eaux : la loi de la nature ne permet pas à une molécule fluide de s'élever plus que l'autre. C'est donc sur les eaux qu'il faudroit mesurer la terre; Picard vit qu'on pouvoit du moins y réduire toutes les mesures terrestres. On avoit inventé le niveau ; & en marchant avec cet instrument, on sait toujours si on monte ou si on descend, si on s'éloigne ou si on s'approche du centre. Quand on a mesuré des parties plus élevées, elles appartiennent à une circonférence plus grande, il ne s'agit que de la réduire par le calcul à une circonférence plus petite, à celle du niveau des mers. Picard jugea que les plaines mesurées par lui étoient plus hautes de 80 toises; il en résultoit huit pieds de différence sur la longueur du degré : il la négligea, mais il la connut (*a*). Ces attentions sont les titres de notre supériorité; c'est par là que

l'instrument ou au zenith, ou par le renversement. On se servit d'un pendule qui battoit les demi-secondes, *Mémoires de l'Académie des Sciences*, T. VII, Part. I, pages 36 & 43. La toise qu'on employa étoit celle du grand Châtelet; elle contenoit soixante-douze pouces, & elle fut liée à la longueur du pendule qui bat les secondes à Paris, & qui fut trouvée de 36 pouces 8 lignes & demie de cette toise. *Ibid.* p. 9.

(*a*) M. le Monnier, *Hist. cél.* p. 47.

la meſure recommencée eſt préférable à toutes les autres & aux plus anciennes, qui ne méritent d'eſtime qu'autant qu'elles s'accordent avec celle-ci. Il ne ſuffit pas d'avoir rencontré la vérité, d'en avoir approché très-près, il faut pouvoir la caractériſer, & dire de combien on en peut être encore éloigné. Cette meſure, la baſe fondamentale entre Villejuif & Juviſy ont été vérifiées un grand nombre de fois en 1740 & en 1756, & la nouvelle préciſion qui a réſulté de ces vérifications, c'eſt que le degré déterminé par Picard de 57060 toiſes (*a*), étoit un peu trop petit, & devoit être porté juſqu'à 57074, ou 57069 toiſes, ſuivant les toiſes employées; car lorſqu'on eſt ſi près de la préciſion, elle ſemble fuir devant nous; elle n'accorde que peu, & pour beaucoup d'efforts.

§. VIII.

COMME on étoit accoutumé à compter 25 lieues pour un degré terreſtre, on partagea en conſéquence le nombre des toiſes renfermées dans un degré, & la lieue réſulta de 2283 toiſes environ : c'eſt cette lieue dont le degré en contient 25, la circonférence de la terre 9000, & ſon diametre 2865 (*b*). Ce compte rond de 9000 lieues, qui font la circonférence de la terre indique que la lieue a été réglée ſur l'étendue meſurée de cette circonférence, comme les quatre meſures de 400000 300000, 240000, & 180000 ſtades, nous ont démontré que ces ſtades avoient été déterminés ſur les dimenſions du globe. Ceux qui meſureront de nouveau la terre après nous, retrouveront notre lieue comme nous avons retrouvé ces ſtades dont

(*a*) Blaeu d'Amſterdam avoit fait une meſure de la terre, on ne peut juger ſes moyens; ſon ouvrage ſur cet objet n'a pas été imprimé. Il vivoit encore lorſque Picard paſſa en Hollande pour aller à Uranibourg. Picard rend témoignage que le réſultat de Blaeu ne différoit du ſien que de 50 pieds du Rhin, ou de 58 pieds françois. *Mém. Acad. des Scien.* T. VII, Part. II, p. 64.

(*b*) Mém. Acad. Scien. T. I, p. 86.

la valeur a été long-temps perdue & oubliée. Les modernes n'ignoroient pas que l'antiquité avoit eu plusieurs stades, on connoissoit au moins alors le stade alexandrin & le stade grec; mais en considérant ces quatre mesures rapprochées de celles d'Eratosthenes & d'Hypparque de 250000 & de 275000 stades: en comparant la mesure de Ptolémée, qui donne 66 milles, à celle des Arabes, qui donne 56 milles au degré, on ne pût pas douter que quelques-unes de ces déterminations n'eussent des erreurs énormes; on dût s'applaudir d'être arrivé à une précision de quelques toises: nous l'avons dit, on dût croire que cette précision étoit nouvelle sur la terre. Cependant la mesure rapportée par Aristote, qui, comme nous l'avons montré, est identique avec les trois autres anciennes, donne au degré une étendue de 57066 toises, qui tient le milieu entre la premiere mesure de Picard, & la seconde mesure vérifiée & perfectionnée par les hommes les plus éclairés & les plus habiles du siecle présent.

§. IX.

L'ACADÉMIE, lorsque cette mesure fut terminée, sentit qu'elle n'avoit pas assez fait pour l'exactitude, & pour surpasser en tout les anciens. Ce desir ne naît point de l'orgueil, il naît du sentiment de nos forces. D'ailleurs les hommes ne restent qu'un moment sur la terre, ils ne vivent pas assez pour tout embrasser & tout achever; ils se succedent pour se perfectionner, & pour faire mieux les uns que les autres. Les anciens, Eratosthenes, avoient mesuré à la fois plus de sept degrés, l'Académie n'en avoit mesuré qu'un. Si dans un plus grand espace terrestre il faut plus de triangles, plus d'observations, & par conséquent plus d'erreurs, il n'en est pas de même de l'arc céleste, la détermination d'un grand arc ne demande,

comme celle d'un petit, que deux obſervations, elle ne comporte pas plus d'erreur; & cette erreur partagée ſur un plus grand nombre de degrés, permet d'avoir avec plus de préciſion la longueur du degré moyen. L'Académie réſolut de meſurer pluſieurs degrés : cette entrepriſe aggrandie étoit digne de l'Académie & de Louis XIV. On propoſa de prolonger la méridiennne de l'obſervatoire dans toute l'étendue de la France; on alla d'abord juſqu'à Perpignan (*a*), enſuite juſqu'à Dunkerque, ces deux villes qui ſont ſur les frontieres oppoſées du royaume, ſont en même tems à très-peu près ſous le méridien de l'obſervatoire. Un beau pays comme la France offroit beaucoup de facilités; on pouvoit, ſans en ſortir, meſurer un eſpace aſſez conſidérable ſur la ſurface de la terre : la magnificence du Roi conduiſit les Académiciens dans les provinces de ſon domaine placées du nord au ſud, ſous un arc céleſte de plus de huit degrés. Louis XIV ne ſe contenta pas que l'étendue de ſon royaume fût connue du midi au nord, il voulut que ſon étendue entiere fût décrite : il ordonna de conſtruire une carte générale de la France, dreſſée par des méthodes & des obſervations ſemblables à celles qui avoient ſervi à meſurer le degré. Picard, inſtruit par le travail qu'il venoit de conſommer, fit obſerver qu'on ne devoit pas ſuivre dans cette carte la diviſion des provinces; cette diviſion eſt arbitraire, elle ne tient ni au ciel, ni à la terre, ni aux méthodes qui fondent les meſures géométriques. Or puiſque ces méthodes procedent par des triangles enchaînés, les triangles ſont la diviſion naturelle, il faut former un grand chaſſis, diviſé en carreaux & en triangles qui enferment tout le royaume (*b*). Ces carreaux & ces triangles meſurés ſéparément, enſuite réunis, formeront la carte de la France; voilà

(*a*) Mém. Acad. Scien. T. I, p. 87.

(*b*) *Ibid.* p. 110.

ce que Picard proposa, & ce qui fut exécuté. L'Académie se trouva donc occupée de deux vastes opérations, la description de la France & la prolongation de la méridienne de Paris. Picard & la Hire furent chargés de la premiere, ils commencerent en 1679 (a) à Brest, qui est la ville la plus occidentale du royaume, Cassini conduisit la seconde, & après la mort de Picard, il fut seul à la tête des deux entreprises. Mais ces entreprises demandent de longues années, la prolongation de la méridienne ne fut achevée qu'en 1701, & la carte générale de France n'est pas encore finie. Nous y reviendrons dans les tems où on en a tiré des résultats. Il sera nécessaire de réitérer cette mesure de la terre. Quelques degrés suffisent pour connoître sa grandeur, si elle est sphérique; mais elle ne l'est peut-être pas: les déterminations fondamentales doivent être plusieurs fois recommencées. L'homme ne voit pas tout en une fois: c'est en revenant sur ses travaux, par une application successive & répétée, que les détails se découvrent, & que la nature entiere se manifeste.

Louis XIV ne borna point ces mesures à l'étendue de son royaume, il voulut connoître les mers qui l'avoisinent, qui en sont les avenues. Cet objet fut rempli pour l'Océan dans le premier volume du Neptune françois, Atlas maritime publié en 1673 par Sauveur & Chazelles. Chazelles forma dès lors le projet d'un second volume pour la Méditerranée (b), vaste bassin qui dans son contour offre une grande étendue de côtes, & qui dans son intérieur est semé d'une infinité d'îles. Cette mer dont la navigation est resserrée par la terre qu'on y rencontre à tous momens, demande une géographie perfectionnée. Faute de cartes exactes, il falloit avoir recours à des pilotes qui

(a) Mém. Acad. Scien. T. I, p. 198.

(b) Hist. Acad. Scien. p. 147 & 148.

connuſſent les côtes, & ſe fier à leur inexpérience groſſiere ; & il falloit encore changer de pilotes en changeant de côtes. Cependant la Méditerranée eſt la route du commerce du Levant dont les richeſſes arrivent à Marſeille. Louis XIV fit faire des obſervations dans differens parages ; il envoya Chazelles en Egypte & dans le Levant, pour déterminer quelques points de la partie orientale & méridionale de cette mer. Mais Chazelles eut à peine le tems de commencer l'ouvrage, il ne put même réunir les matériaux déjà acquis. D'ailleurs ce travail, fait à pluſieurs repriſes & par des mains différentes, n'auroit pas eu cette unité que demande l'exécution d'un grand projet. L'exécution a eu depuis cette unité néceſſaire, lorſque Louis XV l'a confiée à M. le Marquis de Chabert, aujourd'hui chef d'eſcadre des armées navales, & aſtronôme de l'Académie des Sciences. Il a parcouru cette mer depuis les côtes de Barbarie juſqu'à celles de Syrie : il s'eſt fait partout des obſervatoires *(a)*, quand il a pu deſcendre à terre ; il a mis en uſage les meilleures méthodes uſitées à la mer, & les inſtrumens les plus sûrs quand il a été forcé d'obſerver de ſon vaiſſeau ; enfin il a relevé les côtes par des meſures trigonométriques *(b)*. La carte exacte de la Méditerranée réſultera de ſon travail. Nous avons dû en parler ici, parce que la deſcription de cette mer qui ſemble une dépendance de la France, devoit être liée à la deſcription du royaume. M. de Chabert n'a pas encore aujourd'hui fini &

(a) Les éclipſes du ſoleil, de la lune & des ſatellites mêmes offrent des occaſions aſſez rares de déterminer la longitude terreſtre ; il faut ſéjourner quelque tems pour attendre ces occaſions. L'obſervation du lieu de la lune peut y ſuppléer dans les obſervatoires fixes, où l'on a des inſtrumens placés dans le méridien, tels que les muraux & les inſtrumens des paſſages. M. de Chabert a imaginé un moyen facile de placer & de diriger ce dernier inſtrument dans le plan du méridien en cinq ou ſix heures ; il ne lui faut que ce tems pour établir ſon obſervatoire & pour faire uſage des méthodes les plus exactes. (*Mém. de l'Acad des Scien.* 1766, p. 384.)

(b) Mém. Acad. Scien. 1759, p. 484. *Ibid.* 1767, p. 288.

publié

publié ce travail, interrompu par plusieurs expéditions militaires. Son état l'appelle à servir sa patrie dans la guerre, il n'est libre de la servir dans les sciences que lorsqu'il a posé les armes.

§. X.

PICARD, après avoir achevé la mesure du degré, & avant de commencer la carte de la France, fit un voyage utile pour l'Académie & pour l'avancement des sciences. L'Académie étudioit les mouvemens des planetes, & se proposoit de construire de nouvelles Tables : les Tables Rudolphines que Képler avoit établies avec tant de peine & tant de gloire sur les observations de Tycho, commençoient à s'écarter du ciel; elles demandoient une réforme (*a*). Cependant on ne pouvoit se passer des obser-

(*a*) Les astronômes François, occupés de ces recherches, paroissent avoir adopté la méthode des hauteurs correspondantes du soleil pour avoir l'heure, dès l'établissement de l'observatoire, M. le Monnier, *Histoire céleste.* p. 49. On ne se servir point d'abord de l'équation nécessaire pour corriger ces hauteurs & avoir le vrai moment de midi. Quand on a observé les tems où le soleil est arrivé le matin à une hauteur, & où il est descendu le soir à la même hauteur, le midi seroit l'instant qui partage cette durée, si le soleil n'avoit d'autre mouvement que le mouvement diurne; mais il se meut dans l'écliptique, & sa déclinaison, c'est-à-dire, sa distance à l'équateur change : dans le printems, par exemple, il monte continuellement vers le pôle boréal, ce mouvement qui a lieu dans l'intervalle des observations du matin & du soir, fait qu'il arrive plus tard le soir à la même hauteur qu'il avoit le matin. Cet intervalle, partagé en deux, donneroit un instant plus tard que celui du midi, si les astronômes n'avoient soin de le corriger par une petite équation calculée en conséquence de ce changement du soleil en déclinaison, dans l'intervalle de l'observation du matin à celle du soir. On ne connoît pas plus celui qui a inventé cette correction, que celui qui a introduit l'usage des hauteurs correspondantes. On voit seulement que les François suivoient cette méthode dès 1673; les Anglois n'ont suivi long-tems que celle des hauteurs calculées. Le premier exemple des hauteurs correspondantes & de leur équation, du moins le premier exemple que nous connoissions, est du 31 Juillet 1674. On prenoit auparavant ces hauteurs correspondantes par une méthode, qui dispensoit de l'équation. Dans le tems où le soleil monte vers le pôle boréal, & où il arrive plus tard aux hauteurs du soir, on prenoit ces hauteurs du soir plus grandes que celles du matin. Le 2 Février 1674, par exemple, le soleil changea en déclinaison d'environ 4′ en six heures, on avoit observé le matin à $9^h\ 9'\ 13''$ la hauteur du soleil de $13^\circ\ 9'\ 5''$; on prit le soir une hauteur plus grande d'environ 4′ & de $13^\circ\ 13'\ 45''$, à $3^h\ 17'\ 24''$; le milieu de l'intervalle $12^h\ 13'\ 18''\frac{1}{2}$ montra, sans qu'il fût besoin d'équation, qu'à midi la pendule avançoit de $13'\ 18''\frac{1}{2}$. *Hist. céleste.* pag. 76.

vations de Tycho, utiles, comme modernes à l'égard des obſervations d'Hypparque & de Ptolémée, & comme déjà anciennes à l'égard des obſervations de l'Académie. Mais ces obſervations avoient été faite à Uranibourg ; la poſition ſur le globe détermine les apparences du ciel & les phénomènes. Les aſtres ſe levent plus tôt ou plus tard, ils ſont plus ou moins long-tems, s'élevent plus ou moins ſur différens horizons ; la parallaxe différente altere différemment leur vrai lieu dans le ciel ; les phénomènes arrivent à différentes heures, à cauſe de la différence des méridiens : il faut donc connoître ce qui conſtitue la poſition d'un lieu ſur le globe, pour réduire les phénomènes obſervés dans ce lieu, à ceux qui auroient été obſervés en même tems dans un autre. Tout cela dépend & de la différence des méridiens, & de la différente hauteur du pôle ſur l'horizon. Quand on a voulu tranſporter à Paris l'aſtronomie moderne, née à Alexandrie, & particulierement cultivée à Uranibourg, il eſt devenu néceſſaire de connoître la poſition de ces deux villes relativement à Paris. Picard fut envoyé en 1671 à Uranibourg, Chazelles alla, mais plus tard & en 1693, à Alexandrie (a). Uranibourg n'exiſtoit plus lorſque Picard ſe tranſporta en Danemarck & dans l'île d'Huene ; les ruines mêmes avoient diſparu, & le ſol n'en conſervoit aucuns veſtiges : il fallut fouiller la terre, afin d'en connoître les fondemens. Picard, pénétré de reſpect pour Tycho & pour la ſcience, fut indigné de la profanation du ſéjour de ce grand homme ; la place de la ville du ciel étoit devenu un cloaque & un lieu d'immondices ! Ce ſont les révolutions des choſes humaines. Mais ce qui dépend moins des caprices du ſort & de la fortune, ce que Picard devoit admirer, c'eſt la longue influence des hommes utiles : malgré

(a) Mém. Acad. Scien. Tom. I, p. 96 ; T. VII, Part. I, p. 33 ; & T. II, p. 142.

quatre-vingt ans écoulés, malgré les progrès nouveaux, les dimenſions de ce lieu profané étoient encore importantes; & le voyage de Picard étoit un hommage rendu à Tycho. Picard retrouva dans les fondemens d'Uranibourg toutes les dimenſions de l'édifice, conſervées dans les ouvrages de ce grand aſtronôme. Il y obſerva la hauteur du pôle, il détermina la différence des méridiens avec Paris; & ayant tracé la méridienne exacte du lieu, il s'apperçut que celle de Tycho étoit en erreur de 18 minutes. Cette erreur naiſſoit aſſez naturellement de l'imperfection & de la différence des inſtrumens; les inſtrumens de Picard avoient ſur ceux de Tycho l'avantage des lunettes: d'ailleurs Tycho avoit peut-être négligé quelques précautions néceſſaires à une détermination ſi importante. Jadis la philoſophie plus hardie auroit pris cette erreur pour un changement des choſes du ciel, une philoſophie plus ſage commençoit à éclairer les hommes; il s'en fallut peu qu'on n'accusât les corps céleſtes d'inconſtance, on ſoupçonna que la ligne méridienne pouvoit n'être pas fixe. Mais jadis on eût prononcé, & à l'époque où nous ſommes, on douta *(a)*. Picard revint à Paris chargé de ces connoiſſances utiles; ce ne fut pas le ſeul fruit de ſon voyage, il rapporta le manuſcrit original des obſervations de Tycho, manuſcrit plus étendu & plus complet que celui qui avoit été imprimé récemment par Albert Curtius: il mérita encore des ſciences & de ſa patrie, en ramenant avec lui Roemer *(b)*, jeune Danois, deſtiné à s'illuſtrer par une grande découverte.

§. XI.

CEPENDANT l'Académie regardoit avec raiſon ſa meſure de la terre comme une opération très-importante; on la croyoit

(a) Mém. Acad. Scien. Tom. I, p. 97. (b) *Ibid.* p. 99.

recommandable comme nouvelle, elle étoit du moins précieuſe par ſon exactitude. Quoique l'Académie ne pensât pas qu'une ſemblable meſure eût déjà été perdue, elle ſentoit que tout eſt poſſible au tems, il produit d'une main & détruit de l'autre; tout jusqu'à la vérité ne ſort de ſes abîmes que pour y rentrer: mais nous lui réſiſtons, & nous nous efforçons de mettre nos œuvres à l'abri de ſes outrages. L'Académie voyoit que la valeur des ſtades employés dans les anciennes meſures, étoit inconnue, ou au moins incertaine; cet exemple annonce ce qui peut arriver un jour à nos meſures actuelles. Les meſures des peuples étoient différentes, elles étoient ſans ceſſe altérées ou changées par l'uſage; on penſa qu'une meſure priſe dans la nature, par conſéquent toujours la même, toujours facile à retrouver, pourroit devenir générale & éternelle. Envain les anciens ont eu leur coudée priſe dans la ſtature de l'homme, les tailles varient, les cauſes phyſiques les font dégénérer, & ce type eſt trop mobile. La toiſe & la lieue étoient à la vérité fixées par la meſure de la terre, mais il eût été néceſſaire de la meſurer de nouveau pour les retrouver; on avoit plutôt beſoin que ces longueurs itinéraires ſerviſſent à retrouver toujours l'étendue de la circonférence du globe: on penſa que la longueur du pendule qui bat les ſecondes devoit être cette meſure univerſelle & conſtante. *Quiconque réglera un pendule à ſecondes ſur le moyen mouvement du ſoleil*, diſoit M. de Fontenelle, *retrouvera la même longueur* (a). Mais tout ce qui eſt phyſique eſt ſujet à l'altération & au changement, Picard avoit obſervé que les horloges à pendules retardent en été & avancent en hiver: elles retardent parce que le pendule s'alonge par la chaleur, & met plus de tems à chaque vibration; elles avancent par une raiſon con-

(a) Mém. de l'Acad. des Sciences, Tome I, p. 86 & 87.

traire, & parce que le pendule s'accourcit par le froid. Il fallut donc le raccourcir en été & l'alonger en hiver, pour qu'il battît exactement les ſecondes; ſa longueur n'étoit donc plus conſtante : on ſoupçonnoit même dès-lors que cette longueur du pendule pouvoit être différente en différens lieux ſur le globe de la terre. L'Académie abandonna, mais à regret, le projet d'établir une meſure conſtante & univerſelle (*a*). Cette idée fut reſaiſie depuis par M. de la Condamine : il propoſa de prendre pour meſure fondamentale la longueur du pendule ſous l'équateur; longueur meſurée avec le plus grand ſoin par trois Académiciens habiles (*b*); longueur qu'on pouvoit retrouver dans tous les tems, & dont le choix ne pouvoit exciter la jalouſie des nations, puiſque la meſure n'auroit appartenu à aucune en particulier. M. de la Condamine propoſoit de faire la toiſe double du pendule, il auroit ſuffi d'ajouter quatorze ou quinze lignes à la nôtre. Mais la force de l'habitude, la pareſſe naturelle aux hommes, quand il s'agit de changer leurs uſages, l'inertie de l'ignorance, qui voit toujours mieux l'embarras des changemens préſens que l'utilité future de ces changemens, ont laiſſé ſans exécution chez nous ce projet dont les anciens ont prouvé la poſſibilité (*c*). Malgré la ſupériorité que nous prétendons, & que nous avons à tant d'égards ſur eux, le vaſte ſyſtême de me-

---

(*a*) Mouton que nous avons déjà cité, eut auſſi à peu près dans le même tems (en 1670) l'idée de faire du pendule une meſure univerſelle. Mais il ne prend pas le pendule qui bat les ſecondes; il vouloit lier ſa meſure à celle de la terre par Ricioli. Il prit une longueur de 6,44 pouces du pied de Cologne, elle étoit la dix-millieme partie du mille dont le P. Riccioli en avoit trouvé ſoixante dans un degré. Mouton éprouva qu'un pendule de cette longueur de 6,44 pouces faiſoit 3959 vibrations dans une demi-heure (Mouton, *Obſervat. diamet.* p. 432). On auroit toujours pu retrouver cette longueur, & par conſéquent celle de la circonférence de la terre, ſi la meſure de Riccioli avoit été bonne, & eût pu mériter d'être un jour cherchée; mais elle ne valoit rien, elle fut oubliée, & les tentatives de Mouton pour une meſure conſtante & univerſelle furent alors ſans fruit, comme celles qui ont été renouvelées depuis.

(*b*) M. de la Condamine, M. Bouguer & M. Godin.

(*c*) *Suprà*, T. I, Liv. IV.

ſures qu'ils avoient établi nous manque encore ; la confuſion, l'incertitude des meſures préſentes ſont l'empreinte de nos diviſions & de notre ancienne barbarie.

§. XII.

Nous diſons qu'on ſoupçonnoit une inégalité dans la longueur du pendule ; en effet Picard parle de quelques expériences faites à Londres, à Lyon & à Bologne en Italie, d'où on pouvoit conclure que les pendules doivent être plus courts à meſure qu'on avance vers l'équateur. Cette conjecture naquit dans les aſſemblées de l'Académie ; on y dit que *ſuppoſé le mouvement de la terre, les poids devroient deſcendre avec moins de force ſous l'équateur que ſous les pôles* (a). Deſcartes avoit montré que tout mouvement circulaire produit une force centrifuge. Or le mouvement diurne de la terre ſur elle-même eſt circulaire ; il en doit réſulter une force qui tend à éloigner les corps du centre du globe, & qui les en éloigneroit s'ils n'étoient pas enchaînés par la peſanteur, ſi cette force ne détruiſoit pas la force centrifuge. Mais on ne détruit l'effet d'une force que par une autre force, ou par une portion de force employée à la détruire ; la peſanteur perdoit donc une portion de ſa force par le mouvement de la terre ; les corps tomboient donc moins vîte qu'ils ne feroient ſi la terre étoit en repos : aux pôles qui ſont immobiles, aux pôles qui n'ont pas plus de mouvement que ſi la terre elle-même étoit immobile, la peſanteur doit avoir toute ſon action ; il n'y a ni mouvement circulaire, ni force centrifuge, & les corps libres d'obéir à toute leur peſanteur, doivent y tomber plus vîte & avec plus de force que ſous l'équateur, où le mouvement circulaire étant plus grand, plus

(a) Meſure de la terre par Picard, art. IV.

ſenſible, on peut croire que la force centrifuge eſt plus grande, & la peſanteur plus diminuée. La longueur du pendule peut en conſéquence être différente, ſuivant les diſtances à l'équateur. Cependant cette vérité indiquée par la théorie, ſembloit contredite par l'expérience. On avoit meſuré le pendule à la Haye, à Montpellier, à Uranibourg, on l'avoit trouvé de la même longueur qu'à Paris. Montpellier eſt bien plus près de l'équateur, cete ville eſt de douze degrés plus méridionale qu'Uranibourg. L'Académie héſitoit entre des expériences mal faites & une théorie encore incertaine. Mais elle ſentit que pour décider une queſtion importante, il falloit établir ces expériences dans des lieux plus éloignés les uns des autres; il falloit ſur-tout s'approcher de l'équateur où le pendule devoit être le plus court. Cette queſtion ne pouvoit donc être réſolue que par des voyags.

§. XIII.

La queſtion de la longueur du pendule n'étoit pas la ſeule qui rendît ces voyages néceſſaires. Les vues de Dominique Caſſini, en faiſoient naître pluſieurs autres également intéreſſantes. Dans ce tems de renouvelement, où il s'agiſſoit de tout revoir & de tout examiner, Caſſini étoit l'ame des délibérations & le chef des entrepriſes; ſon eſprit les dirigeoit toutes, ſeul il valoit pluſieurs hommes, & il ſuffiſoit à l'aſtronomie entiere.

La théorie de la réfraction étoit encore incertaine, les effets n'en étoient pas bien connus; ſuivant Tycho, la réfraction n'eſt pas la même pour tous les aſtres, elle ne s'étend pas juſqu'au zenith, elle ceſſe à quarante-cinq degrés de hauteur pour le ſoleil, & à vingt degrés pour les étoiles. Képler, par des vues plus générales & plus ſaines, avoit vu que la réfraction naiſſant dans l'atmoſphere, détourne la lumiere, ſans égard

à l'aſtre qui l'envoie ; & que comme cette atmoſphere nous enveloppe de toutes parts, la réfraction s'étend juſqu'au zenith où elle ceſſe, parce que le rayon devient perpendiculaire. On étoit partagé entre ces deux aſtronômes. Caſſini avoit trop de juſteſſe dans l'eſprit pour ne pas adopter ces vues de Képler : mais quels que ſoient les égards dûs au génie, les vues ne ſont pas toujours des vérités ; c'eſt l'obſervation qui en décide ; c'eſt à ce tribunal que la vérité ſe fait reconnoître. On peut même remarquer que plus les hommes ont de moyens pour approcher de la préciſion, plus ils deviennent difficiles. Les conjectures ne doivent jamais ſervir que de ſupplément aux faits ; elles ne doivent commencer qu'au terme où l'obſervation eſt forcée de s'arrêter. Des organes plus exercés, des inſtrumens plus ſenſibles avoient étendu l'empire de l'obſervation, elle pouvoit pénétrer plus profondément dans les choſes : Caſſini ſentit qu'il falloit la conſulter. Mais on avoit beſoin d'une méthode, celle que nous avons décrite (*a*), celle qu'on avoit ſuivie juſqu'alors avoit trompé Tycho ; elle conſiſtoit à obſerver une infinité de hauteurs différentes du ſoleil & des étoiles, pour les comparer aux hauteurs vraies & calculées. Ces différences donnent, pour chaque degré de hauteur, l'effet de la réfraction, qui diminue depuis l'horizon juſqu'au zenith : c'eſt en ſuivant ainſi pas à pas ſa diminution que Tycho s'égara. Les inſtrumens n'ont jamais qu'un certain degré de perfection & une puiſſance limitée. Quand Tycho eût atteint les limites des ſiens, quand il fut arrivé à des quantités trop petites pour être ſaiſies par ſes inſtrumens, il crut que la réfraction avoit ceſſé, & qu'elle étoit nulle à quarante-cinq degrés. Cette méthode de déterminer ſucceſſivement la réfraction par expérience, a un grand incon-

(*a*) *Suprà*, page 300.

vénient

vénient ; c'est que nous mettons partout nos erreurs ; c'est que ces erreurs sont variables comme notre attention, & comme la finesse de nos sens. Ce n'est pas ainsi que les astronômes s'y prennent pour déterminer les inégalités du mouvement des planetes ; ils saisissent une ou deux circonstances où cette inégalité est la plus sensible, ils établissent le principe qui la regle, & ils déduisent les plus petites de la plus grande. Si quelque erreur de nos sens affecte les déterminations fondamentales, du moins les erreurs qui en résultent sur l'ensemble des inégalités sont uniformes & proportionnées à ces inégalités, les erreurs diminuent comme elles. Cassini vit l'avantage de cette méthode, & il l'appliqua tout de suite aux réfractions (a) ; il ne voulut employer, pour les déterminer toutes, que deux observations : il n'en faut pas davantage en effet. Le rayon de lumiere s'est plié en entrant dans l'atmosphere ; si nous voulons établir la théorie de la réfraction, il faut savoir de combien le rayon s'est plié, & à quelle hauteur ce changement est arrivé : cette hauteur est celle qui atteint les bornes de notre atmosphere réfractive. Quand une cause est unique & constante, chaque effet porte son empreinte, elle peut être mesurée & connue par un seul effet, par une observation. Mais lorsque deux causes agissent à la fois & se compliquent, les effets portent une double empreinte ; on a besoin de deux observations dans des circonstances différentes, pour appercevoir chaque empreinte séparée, pour démêler les effets particuliers, mais combinés des deux causes. Or les causes de la réfraction sont constantes : tout nous porte à croire, ou du moins nous permet de supposer que la hauteur de l'air ne change pas sensiblement ; &

(a) Dom. Cassini avoit fait ce travail en Italie, & dès 1662 ; ses tables des réfractions furent imprimées la même année, à la suite des éphémérides de Malvasia.

Descartes a montré qu'en passant d'un milieu dans un autre, les rayons, quelle que soit leur incidence, se plient sous un rapport constant. Dominique Cassini trouva par observation que la réfraction étoit à l'horizon de 32 minutes 20 secondes, & à dix degrés de hauteur de 5 minutes 28 secondes. Il déduisit de ces données la quantité dont le rayon se plie en passant de l'éther dans l'air, & la hauteur de l'atmosphere fut aussi déterminée, mais cette hauteur ne se trouva que de 2000 toises; d'autres phénomènes la donnent beaucoup plus grande. Nous voyons des montagnes plus hautes que 2000 toises, avoir des nuages & à leur sommet & au-dessus; ces nuages sont pourtant dans l'atmosphere. Alhazen avoit montré par la durée des crépuscules, que l'atmosphere s'étend à environ dix-neuf lieues de la surface de la terre (a). Montanari observa, en 1676, un météore qui par sa parallaxe fut jugé dans l'atmosphere, à la hauteur de quinze lieues communes de France (b). L'atmosphere est donc beaucoup plus élevée que ne le supposent les réfractions; & le résultat qu'elles fournissent enseigne que quelle que soit la matiere qui réfracte & détourne la lumiere, cette matiere n'est pas l'air lui-même, ou du moins est un air modifié par le voisinage de la terre, & qui forme une enveloppe assez mince au-dessus de sa surface. Dominique Cassini ayant posé ces élémens, calcula les réfractions pour toutes les hauteurs depuis l'horizon jusqu'au zenith; c'est la premiere table qui ait eu cette étendue. Alors il consulta les observations, & il lui parut que sa Table étoit d'accord avec le ciel; elle lui servit pour corriger les hauteurs observées du soleil, & pour établir la théorie de cet astre. Cette maniere d'envisager la réfraction, & d'en déterminer les effets, montre le coup d'œil d'un grand homme.

(a) *Suprà*, Tom. I, p. 240.

(b) Mém. Acad. Scien. ann. 1713, p. 54.

§. XIV.

CEPENDANT les assertions de Tycho subsistoient encore elles avoient encore de l'empire sur les esprits. Quand un homme a mérité la confiance par des travaux importans, ses erreurs sont dangereuses, parce qu'elles sont durables. Il étoit difficile que l'observation décidât entre Tycho & Cassini. La réfraction au-dessus de 45 degrés de hauteur n'est pas d'une minute ; cette quantité étoit bien petite, même pour les instrumens perfectionnés de ce tems, du moins on ne pouvoit en rendre l'existence assez évidente pour contrebalancer dans tous les esprits l'autorité de Tycho. Dominique Cassini imagina un moyen de décider la chose, & en même tems de déterminer l'obliquité de l'écliptique plus exactement qu'on ne l'avoit encore fait. Quand même la réfraction n'existeroit pas à la hauteur du solstice d'été, la plus petite hauteur du soleil au solstice d'hiver est considérablement altérée par la réfraction dans nos zônes tempérées, & l'incertitude de cet élément influeroit toujours sur la distance des tropiques. Tycho avoit donné au soleil une parallaxe de trois minutes, Cassini soupçonnoit qu'elle devoit être beaucoup plus petite ; il proposa d'aller observer la distance des tropiques sous l'équateur même: la plus petite hauteur du soleil au solstice d'hiver excede 60 degrés. Selon Tycho, cet astre n'y doit point souffrir de réfraction, & il résultoit de ses suppositions sur la parallaxe, que la distance des tropiques devoit être de 47 degrés 3 minutes Cassini, fondé sur de nouvelles déterminations, assuroit qu'elle ne devoit être que de 46 degrés 57 minutes 15 secondes (*a*). Il y avoit donc cinq minutes de différence sur lesquelles l'ob-

(*a*) Histoire de l'Acad. des Scien. Tom. I, p. 111.

ſervation pouvoit prononcer ; & un obſervateur, en ſe tranſportant ſous l'équateur, pouvoit devenir juge entre deux grands aſtronômes.

§. XV.

Nous venons de dire que Caſſini croyoit la parallaxe du ſoleil beaucoup plus petite que Tycho ne l'avoit ſuppoſée. Pluſieurs aſtronômes, entraînés par le ſentiment de cet habile obſervateur, n'oſoient penſer autrement que lui. Envain Képler avoit tenté de réduire cette parallaxe à une minute, Lansberg, Bouillaud, Rheita, la faiſoient preſque auſſi grande que Tycho (*a*). Vendelinus & Riccioli allerent encore plus loin que Képler, ils obſerverent, comme Ariſtarque, la lune dichotôme, & ils déduiſirent une parallaxe, l'un de 15 ſecondes, l'autre de 28 ſecondes. Mais ces aſtronômes n'avoient pas aſſez d'autorité contre Tycho & contre Képler. Caſſini ſeul égaloit ces grands hommes, & pouvoit ramener leurs partiſans; mais lui-même fut d'abord entraîné par Képler. Lorſque Dominique Caſſini s'occupoit à fonder la théorie du ſoleil ſur les obſervations faites au gnomon de Sainte-Petrone, deux opinions étoient dominantes, l'une ſuppoſoit la parallaxe du ſoleil inſenſible, ou au-deſſous de 12 ſecondes, l'autre la faiſoit d'une minute (*b*). Dominique Caſſini préféra d'abord la derniere, & ce fut ſans doute par l'eſtime des travaux & des idées de Képler. Mais cette ſuppoſition avoit un grand inconvénient, on étoit obligé de rejeter ſur les réfractions ce qu'on avoit mis de trop ſur la parallaxe; on faiſoit varier ces réfractions dans le cours de l'année. Cet inconvénient ne ſubſiſtoit plus lorſqu'on employoit une paral-

(*a*) Lansberg la faiſoit de 2 minutes 18 ſecondes, Bouillaud de 2 minutes 21 ſecondes, Bettinus de 3 minutes, Rheita d'une minute 44 ſecondes, Langrenus de 59 ſecondes. Riccioli, *Almag.* Tom. I, p. 113.

(*b*) M. de la Lande, *Aſtron.* art 1730. La Hire en 1702, la croyoit inſenſible, ou tout au plus de 6 ſecondes, *Tab.* de la Hire, p. 6.

laxe au-dessous de 12 secondes, & c'étoit une forte raison de l'adopter. Mais cette petite parallaxe plaçoit le soleil à une distance énorme de nous; la distance établie par Képler, en vertu de la parallaxe d'une minute, distance qui étoit la plus grande qu'on eût encore supposée (*a*), devenoit cinq fois trop petite. Les hommes ne se sont familiarisés que peu à peu avec les grandes distances des astres, avec les vastes espaces qui composent l'univers; on étoit timide, on craignoit d'aller trop loin dans des évaluations incertaines. Dominique Cassini revint à la parallaxe de 12 secondes; ce fut celle qu'il employa dans ses Tables du soleil : mais il doutoit, le doute devoit le fatiguer. Il proposa d'observer la parallaxe de Mars, les parallaxes des astres sont proportionnelles à leurs distances (*b*). Toutes ces distances, dans le systême de Copernic (*c*), sont connues les unes par les autres, elles sont intimement liées par un rapport donné, en conséquence de la loi de Képler (*d*). Si la parallaxe de Mars est bien observée & bien établie, on obtiendra donc sa distance à la terre, puis sa distance au Soleil, puis enfin, au moyen des rapports donnés, la distance du Soleil à la Terre, & sa parallaxe qui en dépend. Mars offroit des facilités pour cette recherche; c'est un des corps célestes qui s'approchent le plus de la Terre. Lorsqu'il est en opposition avec le Soleil, il peut être une fois & demie plus près de nous que cet astre; il a donc une parallaxe une fois & demie plus grande. Si, suivant Képler, l'une étoit d'une minute, l'autre devoit être de deux minutes & demie; si l'une n'étoit que de douze secondes, on en auroit encore trente pour l'autre. Ces différences sont assez sensibles pour être distinguées par des observations exactes; il ne s'agissoit

(*a*) *Suprà*, Tom. I, p. 113.
(*b*) *Suprà*, Tom. I, p. 97.
(*c*) *Suprà*, Tom. I, p. 357.
(*d*) *Suprà*, p. 118 & 119.

plus que de choisir la méthode. Celle dont on peut se servir dans un même lieu, qui prescrit d'observer l'astre fort bas, lorsque la parallaxe est très-grande, & fort haut lorsqu'elle est presque nulle (*a*), a l'inconvénient que la petite parallaxe de Mars peut se confondre dans l'erreur des observations, & se mêler près de l'horizon avec les grandes réfractions, toujours un peu incertaines, & souvent variables. La séparation devient difficile; il vaut mieux se servir d'une méthode semblable à celle que Tycho employa pour trouver la parallaxe de la comete de 1577; elle consiste à observer dans deux lieux éloignés sur le globe, & au même instant (*b*), la distance de Mars à une étoile convenue qui en soit fort près, afin que les réfractions soient les mêmes pour Mars & pour l'étoile. Cette distance ne sera pas vue la même dans les deux lieux, & la différence est l'effet de la parallaxe de Mars. Si l'incertitude de la longueur du pendule, & celle des réfractions exigeoient qu'on allât interroger le ciel sous l'équateur, cette grande question de la distance du Soleil demandoit aussi un voyage; il falloit qu'un observateur allât faire loin de nous, à une grande distance sur le globe, des observations correspondantes à celles qu'on feroit à Paris & dans les autres observatoires de l'Europe.

§. XVI.

Un des membres de l'Académie, Richer, se dévoua pour aller éclairer les doutes de l'Académie, & remplir les vues de Dominique Cassini. Louis XIV venoit de reprendre la possession de l'île de Caïenne; cette île n'est éloignée que de cinq degrés

(*a*) *Suprà*, Tom. I, p. 95.

(*b*) Ces observations se font ordinairement au méridien. Quand le méridien est le même, elles se font au même instant. Quand les méridiens sont différens, on tient compte du mouvement propre de Mars dans l'intervalle du passage d'un méridien à l'autre.

de l'équateur, elle offroit donc un poste convenable pour les éclaircissemens desirés. Le Roi, sensible à toute espece de gloire, donna ses ordres pour les facilités & les dépenses du voyage, l'Académie & Dominique Cassini fournirent les instructions nécessaires, & Richer mit à cette entreprise le zele que méritoit l'importance des questions. Il falloit en effet du zele, car il alla passer plus d'une année dans un climat mal sain ; il n'en revint que malade : Meurisse, chargé de l'aider dans ses observations, y mourut (a). Mais Richer remplit dignement sa mission ; parti en 1672, il revint en 1673, rapportant des connoissances utiles & une découverte importante. Ces dangers, associés aux travaux paisibles de l'esprit, prouvent que la curiosité humaine a son courage comme l'honneur. La gloire des sciences est donc justement acquise, & par les succès du génie, & souvent par ce qu'ils coûtent.

On peut juger avec quelle impatience ce retour fut attendu, & de l'Académie qui s'occupoit du progrès des sciences, & de Dominique Cassini, à qui ces progrès devoient être principalement dûs. Richer étoit l'oracle qui alloit prononcer. Cassini savoit interroger le ciel, il eut presque toujours des réponses favorables.

§. XVII.

Les réponses ne furent pas à la vérité décisives pour la parallaxe de Mars, la quantité trop petite ne put être déterminée par les observations. La distance de Mars à l'étoile convenue parut la même à Paris & à Caïenne ; mais ce que l'astronomie avoit particulierement gagné dans ses progrès, & sur-tout par ses nouveaux instrumens, c'étoit la possibilité d'estimer les erreurs. Cette observation, regardée comme bonne & prise à

(a) Mém. de l'Acad. des Scien. Tom. I, pag. 105, 111.

la rigueur, auroit fait conclure que Mars n'avoit point de parallaxe, & que sa distance étoit infinie, ce qui est absurde. Mais cette conclusion, toute fausse qu'elle étoit, devenoit favorable à ceux qui faisoient la parallaxe de Mars plus petite. Dominique Cassini prit le parti d'estimer l'erreur qu'on avoit pu commettre dans l'observation, & il l'évalua à 15 secondes (*a*). Il en déduisit la parallaxe de Mars de 25 secondes, & celle du Soleil de 9 secondes & demie (*b*), avec l'assurance que si l'erreur a été bien estimée, ces parallaxes ne peuvent être plus grandes; les habiles observateurs, tels que Dominique Cassini, & surtout ceux qui, comme lui, joignent le génie à l'habitude & à l'expérience, ont la balance des probabilités & la mesure des choses qu'ils ne peuvent atteindre. Ce qui prouve la justesse de l'estimation, c'est qu'aucun astronôme depuis Dominique Cassini n'a fait la parallaxe du Soleil plus grande que 10 secondes ou 10 secondes un quart. Dans ces dimensions que la nature semble nous refuser par leur éloignement, c'est beaucoup de connoître une des limites qui les renferment; cette parallaxe nous assure que le soleil est éloigné de la terre au moins de 22326 demi-diametres de notre globe (*c*); & d'après la valeur du demi-diametre, qui résulte de la mesure de la circonférence de la terre (*d*), on peut croire que la distance du soleil à nous n'est pas moindre que trente & un million de lieues. Cette détermination fournit encore la comparaison des grandeurs du soleil & de la terre. La parallaxe du soleil est l'angle sous lequel un observateur, placé dans cet astre, verroit le demi-diametre de notre globe. Le soleil voit donc ce demi-diametre sous un angle de 9 secondes & demie; nous voyons le sien sous un

(*a*) M. de la Lande, *Astron.* art. 1731.
(*b*) Mém. Acad. Scien, Tom. I, p. 114.
(*c*) *Suprà*, Tom. I, note, p. 98.
(*d*) *Suprà*, p. 349.

angle

angle de 16 minutes 6 secondes, ou de 966 secondes ; ces demi-diametres sont vus de la même distance sous des grandeurs qui sont comme 9 & demi à 966, ou comme 19 à 1932. Le diametre du soleil est donc cent fois plus grand que celui de la terre, & ce globe, qui est le centre de tout, & qui régit tout, est un million de fois plus gros que le nôtre (a). La postérité, comme nous l'avons dit, n'a point désavoué ces estimations de Dominique Cassini, elle s'en est peu éloignée ; & comme Cassini avoit annoncé que c'étoit la plus foible estimation de la distance & de la grandeur du globe solaire, la postérité n'y a touché que pour reculer le soleil & pour l'aggrandir.

§. XVIII.

La satisfaction de Dominique Cassini dût être complette lorsque Richer exposa devant l'Académie son observation de la distance des tropiques ; Cassini avoit annoncé qu'elle seroit de 46° 57′ 15″, elle se trouva de 46° 57′ 4″, avec 11 secondes de différence seulement. Comme l'équateur est presque au zenith de Caïenne, ce zenith se trouve entre les deux tropiques, & ces deux termes de la course solaire sont élevés & rapprochés l'un de l'autre par la réfraction ; l'intervalle observé, suivant les hypotheses de Cassini, devoit être trop petit de 45 secondes. On ajouta cette quantité, & la distance partagée en deux, donna l'obliquité de l'écliptique de 23° 28′ 54″ & demie. Mais cet intervalle devoit être au contraire augmenté par les parallaxes de Tycho ; la réfraction devoit être nulle puisqu'elle cessoit, selon lui, à 45 degrés. Les grandes parallaxes défectueuses, qui devoient faire excès, n'existoient pas, & l'intervalle trop petit des tropiques annonçoit les réfractions qui

(a) Les globes sont entr'eux comme les cubes de leurs diametres.

l'avoient ainsi diminué. Caſſini eut donc raiſon, & ſur les réfractions & ſur les parallaxes ; il eut raiſon contre Tycho. Jamais divination ne fut mieux vérifiée ; mais l'aſſertion de Caſſini n'avoit point été haſardée, il s'étoit fondé ſur une multitude de connoiſſances, & ſur un tact excellent pour les choiſir & pour en faire uſage. Cet avantage de Caſſini, déjà connu par tant de découvertes ſur Tycho, qui méritoit ſa réputation, eſt un triomphe honorable. Les déterminations de Tycho, quoiqu'aggrandies par les vues de Képler, alloient être effacées ; mais ſes obſervations reſteront, & c'eſt l'avantage des grands obſervateurs ; leurs œuvres ne périſſent point, les ſyſtêmes s'écroulent, les conjectures s'évanouiſſent, les idées du génie ſont quelquefois remplacées par des idées plus ſaines : mais ſans diſtinction de tems, les faits s'uniſſent aux faits ; on ne peut ni les détruire, ni ſe paſſer d'eux ; ils durent parce que ce ſont des vérités.

§. XIX.

Un fait important par la conſéquence de ſes réſultats, & qui fut le principal fruit du voyage, c'eſt l'accourciſſement obſervé du pendule. Quand Richer fut arrivé à Caïenne, & qu'il eut fait marcher ſon horloge, il fut étonné de voir qu'elle ne faiſoit plus le même nombre de vibrations dans la durée d'un jour ; elle en faiſoit 148 de moins qu'à Paris, & retardoit chaque jour de 2′ 28″. Les horloges retardent en été, nous l'avons dit, parce que la chaleur alonge la verge du pendule, alors on raccourcit cette verge pour faire avancer l'horloge ; c'eſt ce que fit Richer ; il fallut accourcir le pendule d'une ligne & un quart, pour qu'il battît exactement les ſecondes, & que l'horloge marquât 24 heures dans la durée d'un jour. Cette obſervation a été réitérée pendant dix mois entiers, & Richer a trouvé

conſtamment le pendule de la même longueur. Il rapporta même à Paris le pendule fixé à cette longueur, néceſſaire pour qu'il battît les ſecondes à Caïenne; & ce même pendule arrivé à Paris ne les battit plus, l'horloge auroit avancé de la même quantité dont elle retardoit à Caïenne. Un phénomène ſi extraordinaire ne pouvoit avoir que trois cauſes : un alongement de la verge de métal qui forme le pendule, alongement cauſé par la chaleur; une réſiſtance de l'air plus grande, qui retardoit plus qu'à Paris le corps dans ſa chûte, & rendoit plus long le tems de ſa deſcente; enfin une diminution dans la peſanteur du corps même. Mais l'horloge ne retardoit pas en conſéquence d'un alongement du pendule, & en vertu de la chaleur; car elle eût ſubi des variations & retardé proportionnellement à cette chaleur. D'ailleurs l'expérience enſeigne que les métaux ne ſe dilatent pas ſi ſenſiblement : une verge de cuivre ou de fer, longue de trois pieds comme le pendule, expoſée à une température telle que celle de Caïenne, ne s'alonge que d'un tiers ou d'un cinquieme de ligne (*a*); ce qui eſt fort différent d'une ligne & un quart dont il fallut accourcir le pendule. Quant à la réſiſtance de l'air, il faudroit, pour produire cet effet, qu'elle fût bien différente à Caïenne de ce qu'elle eſt à Paris; il faudroit que la denſité de ce fluide fût conſidérablement augmentée. Cette denſité auroit des effets ſur la ſanté des hommes, & ſur la reſpiration; il eſt fort douteux qu'on pût vivre dans une atmoſphere capable de cette réſiſtance : & ce qui doit faire entierement renoncer à cette explication, c'eſt que l'horloge n'ayant pas été conſtruite pour vaincre cette réſiſtance, le pendule perdroit peu à peu ſon mouvement; & s'arrêteroit, à moins qu'on ne mît à l'horloge un poids plus

(*a*) M. Berthoud, *Eſſai ſur l'horlogerie*, T. II, p. 113.

fort (*a*). La raison du phénomène ne peut donc se trouver que dans la diminution de la pesanteur.

Toutes les oscillations du pendule sont accomplies dans le même tems, qui dépend de la longueur du pendule (*b*). Mais ce tems dépend aussi de la force qui pousse les corps vers la surface de la terre; si cette force est diminuée par une cause quelconque, le corps, avec moins de capacité au mouvement, employera plus de tems à parcourir le même espace, & tombera moins vîte. L'oscillation d'un pendule résulte du mouvement d'un corps qui tombe, s'il tombe moins vîte, la vibration sera plus longue. Or les vibrations du pendule de Richer étoient plus longues, employoient chacune plus de tems à Caïenne qu'à Paris, puisqu'il s'en faisoit un moindre nombre dans le même intervalle de tems; la pesanteur, la force qui fait tomber les corps, qui regle leur vîtesse, étoit donc moins grande à Caïenne & près de l'équateur qu'à Paris.

§. XX.

On ne pouvoit mieux vérifier les conjectures proposées dans l'Académie, où on avoit dit qu'en supposant la force centrifuge, la pesanteur devoit avoir moins d'action sous l'équateur, & que les corps devoient y tomber moins vîte que sous les pôles; cependant malgré cet accord de la théorie & de l'observation, on étoit encore embarrassé pour prononcer sur la véritable cause du phénomène : la théorie des forces centrifuges n'étoit pas assez approfondie, & l'observation de Caïenne sembloit con-

(*a*) C'est le poids qui restitue au pendule ce qu'il a perdu dans chaque vibration par la résistance de l'air : s'il perdoit plus, il faudroit un poids plus fort qui lui rendît plus. Voyez *Suprà*, p. 260.

(*b*) Les tems des oscillations de deux pendules de différentes longueurs, sont comme les racines quarrées de ces longueurs. Un pendule de 36 pouces fait ses vibrations en une seconde, tandis qu'un pendule long de neuf pouces fait les siennes en une demi-seconde.

tredite par d'autres observations. A Lyon, à Cette, à Montpellier, dans tous les lieux de la France où Picard observa la longueur du pendule, à la Haie, à Uranibourg (*a*); cette longueur fut trouvée la même qu'à Paris. Caïenne est sans doute bien plus distante de Paris qu'Uranibourg, mais si les horloges retardent de 2′ 28″, en se rapprochant de l'équateur de 44 degrés, il semble que lorsqu'on remonte de douze degrés vers le pôle, & à la latitude d'Uranibourg, elles devroient avancer d'une quantité sensible, & demander au contraire un alongement du pendule. Ces considérations tenoient dans l'Académie les esprits en suspens; le phénomène pouvoit être local & particulier à Caïenne, on craignit d'en faire un phénomène général : ce résultat extraordinaire étoit fondé sur l'expérience, mais sur une expérience unique. L'Académie, qui ne précipite rien, souhaita qu'elle fût répétée; elle attendit les lumieres du tems : ses membres peuvent s'avancer dans l'avenir par le génie, préparer les découvertes par des vues, tenter d'unir les faits par des conjectures, elle ne connoît, n'adopte que la vérité démontrée; & l'esprit dans lequel elle a toujours persévéré, est de douter jusqu'au moment des expériences décisives.

Ces expériences ne tarderent pas long-tems. Le célebre Halley se transporta en 1677 à l'île Sainte-Helene, & trouva, comme Richer, qu'il falloit y accourcir le pendule (*b*). Quelques années après Varin & Deshaies furent envoyés par Louis XIV pour déterminer la position de différens lieux par des opérations astronomiques; ils trouverent qu'à Caïenne le pendule devoit être encore plus accourci que Richer ne l'avoit fait. Ce phéno-

(*a*) Mém. Acad. Sc. T. I, p. 116, 120.

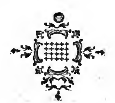
(*b*) Nous avons parcouru le Catalogue des étoiles australes, publié par Halley en 1679, où il rapporte les observations qu'il a faites à Caïenne; il n'y parle point de celle de la longueur du pendule; c'est Newton qui cite Halley pour l'avoir observée. *Principia mathém*, Lib. II, Prop. XX.

encore utiles à l'astronomie. Un ordre, formé à tous les genres d'étude, à toutes les sciences, se distingua des autres ordres qui entrerent dans la même carriere : les Jésuites, répandus dans l'Asie pour l'intérêt des missions, s'établirent à Pekin vers la fin du seizieme siecle ; ils eurent accès auprès de l'Empereur & une faveur qui fut due au mérite & aux connoissances du P. Adam Schaal. La présidence du tribunal des mathématiques fut ôtée aux Mahométans pour la lui donner, & la réformation du calendrier chinois, tombé dans un grand désordre depuis plusieurs siecles, lui fit beaucoup d'honneur chez une nation, pour qui le calendrier est une affaire d'Etat. Le P. Schaal, à la mort de l'Empereur, fut nommé précepteur de ce jeune Ca-hi, qui montoit au trône, & qui depuis protégea particulierement les sciences & les Jésuites ses instituteurs (*a*). Ce choix fait beaucoup d'honneur aux Chinois. Les préventions & les jalousies nationales doivent être plus fortes chez ce peuple concentré en lui-même depuis qu'il existe, & qui ne croit point avoir d'égal dans l'univers ; il faut qu'il soit bien touché du mérite, puisque, malgré la différence des opinions religieuses, il a rendu hommage à la supériorité étrangere, en lui confiant l'éducation du Prince. Mais s'il est à Pekin des sages qui sont justes, il est aussi des hommes qui sont jaloux, & la Cour, comme ailleurs, est le centre des orages. Le Pere Schaal ne pouvoit être attaqué sur les sciences, sa religion & ses opinions nouvelles à la Chine furent calomniées ; âgé de soixante-dix-huit ans, il fut chargé de fers : mais le jeune Can-hi rétablit la religion & les sciences. Le calendrier n'étoit pas d'accord avec le ciel, le P. Verbiest fut appelé en 1671 pour le réformer & pour triompher publiquement de l'ignorance de ses ennemis;

(*a*) Histoire génér. des voy. Tom. XXII, pag. 133.

il fit élever un ſtyle, il marqua la place où l'ombre du ſoleil devoit s'arrêter à midi, & devant tous les mandarins aſſemblés, en préſence des aſtronômes Chinois confondus, l'ombre s'arrêta comme il l'avoit annoncé (*a*). Cette prédiction n'eſt pas difficile; l'étonnement que produiſit le ſuccès montre ce qu'on doit penſer de l'aſtronomie chinoiſe; le P. Verbieſt fut préſident du tribunal des mathématiques. L'ordre ſentit la néceſſité d'envoyer à la Chine des miſſionnaires inſtruits, & l'Académie l'utilité qu'elle pouvoit retirer de leur correſpondance. Les PP. Bouvet, Gerbillon, le Comte, Tachard, &c. furent exercés aux obſervations aſtronomiques par Dominique Caſſini; on les munit d'inſtrumens, & ils partirent pour les Indes & pour la Chine, avec le titre de mathématiciens du Roi. Le P. Gaubil a ſuccédé, & c'eſt principalement à lui que nous devons la connoiſſance de l'aſtronomie chinoiſe. Pendant près d'un ſiecle, l'aſtronomie a été cultivée à Pekin comme en Europe; des obſervations correſpondantes ont été faites avec tout l'avantage qui en réſulte pour les progrès de la ſcience & pour la connoiſſance du globe. Ainſi par les révolutions des choſes humaines, l'Aſie qui nous a jadis inſtruits, fut inſtruite par l'Europe.

(*a*) Hiſtoire génér. des voy. Tom. XXII, p. 331.



HISTOIRE



HISTOIRE DE L'ASTRONOMIE MODERNE.

LIVRE DIXIEME,

Travaux & Découvertes du même tems.

§. PREMIER.

TANDIS que l'on ſuivoit avec aſſiduité dans les obſervatoires le cours des planetes, pour déterminer la poſition, la grandeur de leurs orbes, leurs diſtances, leurs moyens mouvemens, une infinité de découvertes particulieres faiſoient marcher l'aſtronomie, & augmentoit nos connoiſſances ſur la phyſique céleſte: on appercevoit des vérités, on reconnoiſſoit des erreurs, mais c'étoit toujours à l'avantage de la ſcience; s'inſtruire ou ſe déſabuſer, c'eſt toujours s'éclairer.

§. II.

LA lune, en tournant autour de nous, varie de grandeur, & en augmentant ſon apparence, elle nous avertit qu'elle s'eſt approchée; les variations de ſon diametre ſont donc propres

à nous faire connoître les variations de sa distance : il en est de même du diametre du soleil. Auzout & Picard, à l'aide de leur micrometre récemment perfectionné, observoient constamment en *1666* les diametres de la lune, ils y reconnurent une variation qui n'avoit pas été soupçonnée. Hévélius, dans l'éclipse de lune du 2 Juillet, ayant mesuré la planete avant l'éclipse, fut étonné comme eux de trouver le disque aggrandi de huit à neuf secondes lorsque l'éclipse fut finie; il n'en connut point la raison. Auzoût & Picard, que l'on rencontre presque toujours associés, dans ces tems où l'esprit des savans sembloit celui de la fraternité, & où les travaux se faisoient en commun, trouverent que cet aggrandissement tenoit à un phénomène constant. La lune, & un astre quelconque, en s'élevant de l'horizon au zenith, augmente réellement de grandeur apparente; mais la lune seule nous indique ce changement, parce que seule elle est assez proche de nous, pour que l'augmentation devienne sensible. Ce n'est pas que dans l'espace de tems, qui s'écoule entre son lever & son passage près du zenith, sa distance au centre de la terre change sensiblement; c'est sa distance à l'égard de la surface (*a*). Quand la lune est à l'horizon, elle est plus éloignée de l'observateur de tout le demi-diametre du globe; quand elle est au zenith, il y a la moitié du globe de moins entr'elle & nous : elle doit donc paroître plus grande, puisqu'elle s'est rapprochée réellement de 1500 lieues; & à raison de sa moyenne distance, qui est environ de 90000 lieues, la distance diminuée d'un soixantieme, augmente en proportion le diametre, & environ de trente secondes. Voilà l'avantage des instrumens fins & subtils, ils apperçoivent des choses que nos yeux ne sauroient voir. On peut reconnoître combien nos

(*a*) Mém. de l'Acad. des Scien. Tom. I, p. 8.

inſtrumens naturels, combien nos ſens nous trompent; nous voyons à l'horizon le ſoleil & la lune avec de larges diſques, ils ſemblent diminuer lorſqu'ils s'élevent & lorſque l'illuſion ceſſe, pour laiſſer paroître la réalité, ſi nous ne conſultons que nos yeux, nous croirons que les aſtres s'offrent au zenith ſous une apparence plus petite : mais lorſque nous y appliquons nos lunettes, nos micrometres, qui ſont les véritables juges des grandeurs, nous dépouillons les aſtres de l'augmentation illuſoire qu'ils tiennent de l'erreur de nos jugemens, & nous les voyons au contraire s'aggrandir en s'élevant ſur nos têtes *(a)*.

§. III.

MAIS la grandeur des aſtres à l'horizon, ce phénomène qui exiſte à l'œil nu, & qui diſparoît dans les lunettes, demandoit une cauſe; il y a bien lieu de croire que cette cauſe eſt métaphyſique : elle appartenoit donc au P. Mallebranche, l'eſprit le plus métaphyſique du tems. Il propoſa ſon explication ingénieuſe, qui n'eſt que celle de Ptolemée, mais que l'on crut nouvelle, parce que l'aſtronomie ancienne avoit été peu étudiée. Ce qui paroîtra le plus extraordinaire, c'eſt que dans un tems où la théorie & les effets de la réfraction étoient bien connus, Regis renouvela l'erreur de Poſſidonius *(b)*; il ſe perſuada que les aſtres étoient aggrandis par la réfraction, & il fallut que l'Académie prononçât en faveur de Mallebranche *(c)*. Regis & Mallebranche, également diſciples de Deſcartes, com-

(a) Auzout imagina que cette variation des diametres pouvoit ſervir à meſurer la diſtance abſolue de la lune à la terre. *Traité du micrometre. Mém. Acad. Scien.* T. VII, P. I. Mais cette variation eſt bien petite pour ſaiſir une auſſi grande quantité que la diſtance de la lune; une ſeconde d'incertitude répondroit à 3000 lieues, ou à un trentieme ſur la diſtance.

(b) Hiſtoire de l'Aſtron. moder. T. I, p. 119 & 203.

(c) Fontenelle, *Eloge de Regis*.

battirent l'un contre l'autre, quoique sous les mêmes enseignes; réunis par des principes d'autant plus difficiles à saisir qu'ils sont moins vrais, ces deux philosophes étoient divisés d'opinions, comme on l'est dans les sectes de l'erreur : car malheureusement le cartésianisme étoit une secte en philosophie.

§. IV.

Les réfractions, que l'on a tant d'intérêt de connoître pour l'exactitude des observations astronomiques, furent examinées avec le plus grand soin & dans toutes les circonstances. Dominique Cassini en avoit donné la théorie & les Tables (*a*); il avoit apperçu, & Picard après lui, que les réfractions étoient plus grandes en hiver qu'en été (*b*) : cela doit être, puisque l'air est condensé par le froid, & que la réfraction tient à la densité du milieu, où la lumiere passe en quittant un milieu plus rare. Mais ce qui dût étonner, c'est que la réfraction près de l'horizon n'est pas la même le matin & le soir (*c*). Cette observation délicate est due à Picard; il remarqua qu'au lever du soleil la réfraction du bord supérieur, lorsqu'il se montre à l'horizon, est plus grande que celle du bord inférieur, à l'instant où en descendant le soir, il atteint ce même cercle (*d*); cette remarque a été confirmée par M. de l'Isle (*e*). C'est sans doute par une raison semblable à celle qui fait varier les réfractions de l'été

(*a*) Domin. Cassini en avoit dressé trois Tables, sous les titres de *Refractio æstiva*, *Refractio æquinoxialis*, *Refractio hibernalis*. Ces Tables, sur-tout la moyenne, pour le tems des équinoxes, étoient si exactes que M. de la Caille, observateur connu pour la précision, n'y a rien trouvé à changer après 83 ans, du moins depuis 25° de hauteur jusqu'au zenith; elle étoit préférable à celles de Flamsteed & de Newton, construites depuis, & M. de la Caille la jugea la meilleure qui eût été publiée depuis 1662. M. de la Lande, *Astronomie*, article 2189.

(*b*) Mém. Acad. Scien. T. I, p. 7.

(*c*) *Ibid.* p. 24.

(*d*) *Ibid.* p. 120. Picard observa aussi que lorsque le bord supérieur parut à l'horizon le matin, la réfraction étoit de 33′ 2″; lorsque le bord inférieur y monta, elle n'étoit plus que 32′ 37″ : dans le court intervalle de l'ascension successive des deux bords, la présence du soleil l'avoit diminuée de 25″. M. de la Lande, *Astron.* art. 2223.

(*e*) Mém. Acad. Scien. 1723, p. 316.

à l'hiver. Dans l'absence du soleil, quelque courte qu'elle soit, l'air est plus condensé, sa densité est plus grande, & la nuit est l'hiver de la journée. Voilà bien des variations, & autant de sources d'erreur ! C'est cependant à travers ces illusions que l'astronôme cherche la vérité ! Mais les illusions sont connues, il saura les éviter; il sera toujours en défiance & de lui-même, & de tout ce qui l'entoure. On peut imaginer que la nature ne se diversifie pas ainsi dans les mêmes lieux pour se ressembler parfaitement dans les climats différens. Le voyage de Richer vers l'équateur, & dans cette zône torride, qui étoit l'effroi des anciens, apprit que les réfractions sont plus petites sous l'équateur que sous le parallèle de Paris; ce résultat est conforme au principe que nous avons établi. La zône torride est, pour ainsi-dire sur la terre le domicile de l'été, la chaleur continue de ces climats, où le soleil est toujours presque à plomb, doit y dilater l'atmosphere; l'air y a moins de densité, & la lumiere s'y détourne moins (a). On se rappela le phénomène remarqué par les Hollandois, lorsqu'ils hivernerent dans la nouvelle Zemble, & l'on soupçonna que la réfraction augmentoit en s'avançant de l'équateur vers les pôles. Quelques années après un nouveau phénomène confirma cette conjecture, ou plutôt cette conclusion naturelle. Le Roi de Suede, Charles XI, étant en 1694 à Torneo, en Westbotnie vers 65 degrés 45 minutes de latitude, vit que le soleil ne s'y coucha point le jour du solstice d'été. Cette ville n'est pas cependant sur le globe, au terme où l'on peut voir s'achever une révolution entiere du soleil autour de nous. L'équateur s'y abaisse sous l'horizon, du côté du nord, de 24 degrés 15 mi-

(a) MM. Bouguer & de la Caille ont également observé & constaté cette diminution de la réfraction, en approchant de l'équateur.

nutes; & comme le soleil, par sa déclinaison au tems du solstice, n'est élevé au-dessus de ce cercle que de 23 degrés 30 minutes environ, il falloit que la réfraction fît le reste, & élevât l'astre au moins de 45 minutes, pour que son image ne descendît pas sous l'horizon. Cette réfraction horizontale est beaucoup plus grande que celle qu'on observe à Paris, & qui ne passe pas 33 minutes. Le Roi de Suede, frappé de ce phénomène, y envoya l'année suivante des mathématiciens, Spole & Bilberg, pour faire des observations plus exactes & plus sûres. Leurs observations furent communiquées à l'Académie des sciences de Paris; Dominique Cassini & la Hire en conclurent que les réfractions horizontales de ces climats étoient presque doubles des nôtres. Celle de Torneo étoit de 59 minutes 8 secondes; ailleurs & plus au nord, on trouva même une réfraction, qui paroissoit d'un degré huit minutes: mais la position du lieu n'étant pas bien connue, on ne peut rien statuer pour un horizon qu'on ne connoissoit pas (a). Cette croissance inattendue de la réfraction dans des climats qui ne sont pas les plus différens du nôtre, où le soleil est l'été peu de jours sans se coucher, & l'hiver peu de jours sans paroître, inspire une grande curiosité pour observer la réfraction sous le pôle même. Une absence du soleil pendant six mois, un froid sans doute excessif pendant cet hiver, doivent augmenter dans une grande proportion la densité de l'air & sa puissance réfractive. Quoique la théorie de la sphere y place une nuit de six mois, peut-être qu'une réfraction très-grande retarde le départ & précipite le retour du soleil, pour diminuer cette longue & triste nuit. Mais ce pôle est inaccessible par les glaces, ainsi que la zône

(a) *Refractio solis inoccidui in sept. oris jussu Caroli XI, Regis Suevorum*, 1695. Mémoires de l'Acad. des Sciences, 1700, pag. 39, Hist. p. 113.

qui l'entoure ; il repousse les navigateurs commerçans ou savans, & il ferme tout passage à l'espérance de s'enrichir, ou de s'instruire.

§. V.

Ces illusions variées de notre atmosphere firent craindre que les autres planetes n'eussent aussi des atmospheres, qui deviendroient de nouvelles sources d'erreurs. D'ailleurs ces idées générales depuis long-tems établies de l'identité des corps célestes, le systême des anciens, qui fait des mondes habités de toutes ces planetes, portoient à croire que les habitans n'étoient pas privés sur leurs globes des avantages d'un fluide, destiné à alonger le jour & à distribuer plus également la lumiere (*a*). On agita la question de l'atmosphere de la lune ; cette planete est le monde dont nous pouvons avoir le plus facilement des nouvelles, & le seul que sa proximité nous permet de consulter, pour éclaircir cette question des atmospheres. Hévélius remarqua que les taches de la lune paroissoient quelquefois moins nettes & moins distinctes, quoique par un ciel très clair & très-serein, qui permettoit d'appercevoir les plus petites étoiles. Hévélius, en conséquence de cette remarque, penchoit à admettre une atmosphere variable, tantôt plus dense, & tantôt plus rare (*b*). Cependant quand on voit la lune sur le soleil, sa circonférence paroît nette & tranchée ; il semble qu'elle seroit moins bien terminée, si le globe étoit environné d'une atmosphere, qui affoibliroit toujours la lumiere du soleil, & qui produiroit une sorte de nuance entre le disque obscur & le disque lumineux. Les étoiles & les planetes, lorsqu'elles sont éclipsées par la lune, devroient fournir des indices de cette atmosphere. Si la lune a une atmosphere, lorsqu'elle

(*a*) *Suprà*, Tom. I, p. 237.

(*b*) Hévélius, *Cometographia*, p. 363.

s'approche pour couvrir une étoile, elle l'atteint d'abord par cette atmosphere avant de l'atteindre par la partie solide de son globe: l'étoile est donc vue un moment à travers ce voile; elle doit montrer tous les effets de la réfraction, son image doit se colorer comme l'aurore, & se déformer, parce que les différentes parties répondant à différentes portions de fluide, doivent souffrir des réfractions inégales. L'observation interrogée produisit différens témoignages; Cassini & la Hire observerent en 1679 une éclipse de Jupiter & de ses satellites par la Lune, Jupiter ne changea point de figure au moment de sa disparition *(a)*. Quelquefois des observateurs ont vu une étoile s'alonger, avant de disparoître sous le corps de la lune *(b)*; dans d'autres circonstances pareilles, ce phénomène n'a point été apperçu. Souvent on a vu l'étoile ou la planete se colorer avant d'être éclipsée *(c)*, & s'avancer même pendant un tems sensible sur le disque éclairé de la lune *(d)*: mais les couleurs qui annoncent une réfraction, n'assurent pas qu'elle soit opérée au bord de la lune; les couleurs peuvent se produire dans notre propre atmosphere, dans les lunettes, dans nos yeux mêmes; partout la lumiere est décomposée, & si elle l'est plus sensiblement, ou différemment dans un tems que dans un autre, nous ne pouvons nous assurer que l'atmosphere ni nos yeux n'ont pas changé. A l'égard de l'étoile, qui paroît d'abord entrer sur le disque éclairé de la lune avant de disparoître, les anciens en auroient conclu que les bords du globe étoient diaphanes, mais nous savons que ce n'est qu'une illusion: Képler nous a appris que les corps lumineux paroissent plus grands qu'ils ne

(a) Mémoires de l'Acad. des Sciences, Tom. I, p. 198.

(b) M. le Monnier, dans l'émersion d'Aldebaran le 23 Décembre 1738, vit l'étoile alongée pendant plus d'une minute. *Mém. Ac. Sc.* 1738, p. 303. *V.* aussi 1766, p. 253.

(c) *Ibid.* 1753, p. 367, 401, 585; 1755, p. 22; 1760, p. 161; 1767, p. 269.

(d) Mém. Acad. Scien. 1755, pag. 22; 1760, q. 161.

ſont, ſur un fond obſcur (*a*). Cette extenſion de grandeur eſt une erreur de la vue, c'eſt ce qu'on appelle l'*irradiation* de la lumiere; la zône qui aggrandit l'aſtre eſt une image fauſſe & trompeuſe, elle laiſſe paſſer la lumiere de l'étoile, qui paroît ainſi entrer ſur le diſque, & qui ne diſparoît que lorſqu'elle atteint l'image réelle du corps de la lune.

§. VI.

POUR raſſembler ſur cette queſtion tous les indices du même genre, l'hiſtoire peut anticiper ſur les tems; elle doit d'ailleurs conſigner les faits ſinguliers qui peuvent ſe renouveler & ſe vérifier. En 1718, Maraldi, J. Caſſini, fils de Dominique, & la Hire, virent tous les trois, pendant une éclipſe de lune, une petite étoile des Poiſſons reſter quelques inſtans adhérente au bord de la lune, avant d'être cachée par elle (*b*). La lune étoit totalement éclipſée, il n'y avoit point de lumiere, & conſéquemment point d'irradiation; il ſemble donc que l'image de l'étoile, en conſéquence d'une réfraction, étoit encore viſible, quoique l'étoile fût déjà derriere le diſque, comme le ſoleil, par un effet de la même cauſe, eſt encore élevé ſur l'horizon, quoiqu'il y ſoit déjà plongé, & hors de notre vue. On dit que les bords de la lune étoient très-diſtincts, mais nous ne pouvons diſſimuler des circonſtances qui rendent cette obſervation douteuſe. Les obſervateurs ne s'accordent pas ſur la durée de l'adhérence; Maraldi la fait de quelques ſecondes, Caſſini d'une minute, la Hire de près de deux minutes. Nous ſoupçonnons que les bords de la lune éclipſée n'étoient pas bien terminés; les différens obſervateurs ont cru à différens tems,

(*a*) *Suprà*, p. 25.

(*b*) Mém. Ac. Sc. 1718, p. 274, 279, 283.

que l'étoile y touchoit, lorſqu'elle n'y touchoit pas (*a*). Il y a donc quelques obſervations, qui ſemblent donner une atmoſphere à la lune, & d'autres obſervations qui les contrediſent; cette atmoſphere n'exiſteroit donc pas toujours, ou n'exiſteroit que dans quelques parties de la lune, ce qui n'eſt nullement vraiſemblable. Une découverte du ſiecle préſent portera plus de jour ſur la queſtion; mais en attendant, nous pouvons conclure des faits expoſés ici, que ſi la lune a une atmoſphere, cette atmoſphere n'eſt ni conſidérable, ni fort étendue; elle ne peut avoir qu'une médiocre denſité, & preſque point de pouvoir réfractif. Auzout a fait une remarque qui autoriſe ce jugement, c'eſt que la lune ne peut avoir une atmoſphere ſans avoir des crépuſcules (*b*). Ces crépuſcules feroient ſenſibles; on verroit à côté de la partie lumineuſe, une autre partie foiblement éclairée, qui feroit une nuance entre la lumiere & l'ombre: cette lumiere foible feroit viſible comme la lumiere cendrée dans la lune nouvelle; lumiere qui ſuffit pour diſtinguer les taches. Les rayons rompus du ſoleil auroient au moins autant de force que la lumiere de la terre jetée ſur la lune, & affoiblie par la réflexion, comme par le double trajet; le phénomène feroit donc obſervable, & d'autant plus aiſément que la marche du jour eſt plus lente ſur ce globe, & que les crépuſcules paroîtroient ſtationnaires pendant un aſſez long-tems.

§. VII.

CETTE inſpection habituelle de la lune donna lieu à quelques

(*a*) M. Wargentin, dans l'éclipſe de Jupiter par la Lune, du 27 Décembre 1751, a vu Jupiter, avant de diſparoître, éclairer ſenſiblement le bord de la Lune, & de part & d'autre, à la diſtance d'un de ſes diametres. Ce fait, s'il eſt réel, ſeroit bien ſingulier; mais M. Wargentin en doute lui-même, & eſt porté à croire que c'eſt l'effet de quelque illuſion optique; *Mém. des ſav. étrangers*, T. III, p. 103.

(*b*) Mém. de l'Acad. des Scien. T. VII, Part. II, p. 75.

réflexions ſur la nature de ſa ſurface : pluſieurs de ſes taches préſentent des apparences ſingulieres ; celle que l'on a nommée *Tycho*, eſt un centre de rayons qui s'étendent au loin ſur le diſque de la planete. La lune a de très-hautes montagnes, meſurées par Galilée & par Hévélius (*a*). Il ſemble que *Tycho*, l'une de ces montagnes, ait été le dépôt des vapeurs, le rendez-vous des nuages pour y dépoſer leurs eaux, & que ces eaux deſcendues de toutes parts en torrens, ayent ſillonné tous ces rayons ; ou plutôt que la montagne ait renfermé un volcan immenſe d'où ſont ſortis des fleuves de lave, dont les flots durcis forment l'aſſemblage & la régularité de ces rayons extraordinaires. Quelques taches ſe diſtinguent par leur blancheur & par leur lumiere éclatante. La Hire penſe que ces parties ſont réellement plus blanches, & qu'étant creuſes & ſphériques, elles peuvent faire miroirs, & briller par plus de rayons réunis (*b*). D'autres petites parties ſont colorées ; la tache nommée *Ariſtarque* paroît rouge : Hévélius a ſoupçonné que c'étoit un volcan embraſé (*c*). Mais les volcans n'ont point la conſtance, qui appartient uniquement à la lune : ils s'allument, ils s'éteignent ; leurs éruptions ceſſent & ſe renouvelent ; le feu qui détruit, ne laiſſe point aux choſes la même grandeur & la même figure. Si la lune a eu des volcans, on peut croire qu'elle n'en a plus ; il eſt bien plus naturel de ſuppoſer que la couleur rouge appartient à cette terre d'*Ariſtarque*, & colore ainſi les rayons qui nous ſont réfléchis & envoyés. L'opinion propoſée par Galilée, l'opinion commune étoit que les taches obſcures ſont des mers, qui abſorbent une partie de la lumiere, & les parties claires, des terres ſolides & compactes, qui en

(*a*) *Suprà*, p. 87. Hévélius *Selen.* p. 266.

(*b*) Mém. Acad. Scien. 1706, p. 110.

(*c*) Hévél, *Selen.* p. 354.

réfléchissent une plus grande quantité. Auzout ne vouloit pas que ces taches obscures fussent des mers ; il pensoit que s'il en existe dans la lune, c'est de l'autre côté, & dans cet hémisphere que nous sommes condamnés à ne jamais voir. Il se fondoit sur ce que s'il y avoit des mers dans l'hémisphere qui nous est visible, il s'y éleveroit des vapeurs & des nuages qui souvent nous déroberoient la vue des taches (*a*). Mais cette pensée étoit bien peu philosophique ; comment croire que la nature, qui se nuance toujours, qui distribue avec égalité, ou du moins avec compensation, les avantages & les privations, ait permis deux excès dans les deux hémisphères de la lune, la sécheresse & la stérilité dans l'un, les eaux & la fécondité dans l'autre ? Si le globe de la lune est composé des mêmes élémens que la terre, ses parties, comme celles de notre demeure, doivent être toutes également avantagées de leur mélange. Les élémens, principes des choses, sont partout répandus ; ou la lune n'a point d'eaux dans ses deux hémispheres, ou réfroidie jusqu'à la glace, comme le suppose M. de Buffon, elle a perdu ses fluides, & n'a que des eaux consolidées. La Hire s'assura que la lune en effet n'a point de mers ; ces parties obscures que l'on prenoit pour des eaux, ont des cavités (*b*), ce qui ne convient point à des mers. Il observe que les apparences de cette planete sont toujours les mêmes, les taches sont toujours vues avec la même distinction quand l'air est pur ; il ne s'éleve donc point de vapeurs, même en la présence du soleil, & lorsque la lune a été exposée quinze jours de suite à l'action de la chaleur. On peut donc croire qu'il n'y a point en effet d'humidité sur ce globe : & si les mondes sont semblables, comme l'unité de la nature, comme

(*a*) Mém. Ac. Sc. T. VII, P. II, p. 75. (*b*) *Ibid.* 1706, p. 110.

l'analogie philosophique le font penser, pourquoi la lune a-t-elle des terres, des montagnes, des vallons sans eaux, si ce n'est parce que le principe de tout ce qui est liquide, la chaleur étant entiérement évaporée, le froid a tout desséché, & le sol est resté dur & aride? En même tems le mouvement a cessé avec la chaleur, & on ne doit pas s'étonner de cette constance inaltérable, observée depuis cent cinquante ans sur la face de la lune.

§. VIII.

Le changement que Picard avoit observé dans la méridienne de Tycho (*a*), éleva une autre question qui a mérité d'être discutée par Dominique Cassini. On demanda si ces cercles des méridiens, si ces points des pôles que l'on croit fixes & inébranlables sur la terre, ne sont pas capables de quelque changement. La méridienne que Dominique Cassini avoit tracée dans l'église de Sainte Petrone à Bologne, s'écartoit de plusieurs degrés de celle qui avoit été décrite quatre-vingt ans auparavant par Egnace Dante (*b*). Cette idée n'étoit que renouvelée, les anciens avoient eu ce soupçon; ils comparerent avec soin les parties du ciel correspondantes à celles de la terre, observant les cercles célestes qui répondoient alors aux montagnes, aux promontoires, & aux endroits les plus remarquables du continent. On examina de tems en tems s'il n'étoit point arrivé de changemens dans cette correspondance, & on en remarqua quelques-uns qui parurent assez sensibles. Eratosthenes (*c*), ayant consulté les cartes plus anciennes que lui, trouva que les montagnes de la partie orientale de la terre n'étoient plus dans la situation marquée sur ces cartes; elles

(*a*) *Suprà*, p. 353.

(*b*) Cassini, *la meridiana del tempio de S. Petronio.* Transactions philosophiques, ann. 1698. N°. 241.

(*c*) Strabon, *Geograph. Lib. II*, p. 32.

avoient décliné vers le nord : de ſon tems les Indes étoient plus ſeptentrionales qu'au ſiecle précédent. Ces corrections nouvelles furent encore réformées par Ptolémée. Mais ces variations dans la géographie de la terre ne ſont point des changemens du globe : ce ſont des erreurs nouvelles miſes à la place des anciennes ; c'eſt l'effet de l'ignorance & de l'incertitude de l'eſprit humain, qui n'avoit pas encore de guide pour marcher dans cette carriere.

Les obſervations de la hauteur du pôle ne prouvent pas mieux que les latitudes aient changé ſur la terre ; les déterminations alors ſe contrarioient, parce que beaucoup d'obſervations étoient mauvaiſes. Au tems d'Hypparque, on croyoit que la hauteur du pôle étoit la même à Byſance ou à Conſtantinople qu'à Marſeille ; au tems de Strabon elle étoit plus grande de trois degrés : aujourd'hui elle eſt plus petite d'un peu plus de deux degrés. En conſéquence Dominique Maria de Ferrare, homme, dit-on, d'un excellent eſprit, qui eut Copernic pour diſciple, avança que la hauteur du pôle diminue continuellement, que le pôle deſcendra ainſi ſous l'équateur, & qu'un jour viendra que les zônes froides ſeront à leur tour brûlées par les rayons du ſoleil. Tycho n'étoit pas éloigné de le croire ; il deſiroit qu'on vérifiât ſi la hauteur du pôle d'Alexandrie étoit encore telle qu'elle avoit été obſervée par Ptolémée. Ce fut un des premiers ſoins de l'Académie naiſſante ; mais cette hauteur, vérifiée par Chazelles, s'eſt trouvée à peu près la même (*a*) : il n'y a de différence que l'erreur poſſible des obſervations. Dominique Caſſini conclut qu'il n'eſt arrivé aucun changement

(*a*) Hypparque l'avoit trouvée de 31° 13'. M. de Chazelles de 51° 11', *ſuprà*, I, 457. Il y a beaucoup d'apparence que l'obſervatoire d'Hypparque étoit au midi, afin d'avoir un horizon plus découvert ; Chazelles au contraire a obſervé au nord, ce qui fait en latitude toute la différence de cette grande ville, & ce qui peut produire quelques minutes. *Tranſactions philoſophiques*, 1699, N°. 257.

fenfible dans la pofition de la terre (*a*) Toutes ces variations prétendues peuvent être attribuées, les grandes à l'incertitude de l'eftime des voyageurs, les petites au défaut des inftrumens & des obfervations ; & Dominique Caffini remarquant que les directions de l'aiguille aimantée étoient variables, foupçonna que le fil à plomb des inftrumens pourroit fouffrir une déviation, qui feroit plus fenfible dans certains lieux de la terre que dans d'autres (*b*). Les obfervations faites depuis ont confirmé la pofition fixe & conftante des pôles & des méridiens.

§. I X.

Huygens, qui avoit fi bien développé en 1659 les caufes des variations & des apparences de l'anneau de Saturne, avoit prédit que cette planete perdroit fes anfes & paroîtroit ronde dans le mois de Juillet de l'année 1671. Les aftronômes furent attentifs à fuivre Saturne pendant toute l'année ; pour être témoins de la perte & du recouvrement de fes anfes, la prédiction fut vérifiée (*c*) ; mais on veilla bien des nuits pour faifir ces inftans defirés. Les veilles de Dominique Caffini n'étoient jamais perdues, fon attention n'étoit point infructueufe. Vers la fin d'Octobre, il apperçut Saturne entouré d'onze petites étoiles (*d*) ; le plus grand nombre étoit en effet des étoiles fixes. Il y diftingua le fatellite découvert par Huygens ; ce fatellite feul devoit avoir un mouvement propre ; cependant une autre étoile parut fe mouvoir fenfiblement ; c'étoit donc une nouvelle planete & un fecond fatellite. Il douta quelque

(*a*) Wurtzelbaur, muni de bons inftrumens, a fait voir que la latitude de Nuremberg n'avoit point changé depuis deux cens ans ; il l'a retrouvée précifément telle que Valtherus l'avoit établie. *Tranf. phil.* 1697, N°. 190.

(*b*) Mémoires de l'Acad. des Scien. T. X, p. 246.

(*c*) *Ibid.* p. 373.
Tranf. philof. 1671, N°. 78.

(*d*) Caffini, Déconverte de deux nouvelles planetes autour de Saturne, p. 5.

tems, & continua ses observations les jours suivans. Enfin le 6 Novembre le mouvement de la petite étoile ne fut plus équivoque; sa joie fut grande, il étoit digne de l'honneur des découvertes : il consigna celle-ci sur les registres de l'observatoire, & il en rendit graces à l'auteur de la nature. Ce phénomène étoit une nouvelle tâche imposée ; l'astre nouveau enveloppoit Saturne par son cours, il avoit un mouvement & une révolution qu'il falloit suivre & connoître. La révolution du satellite découvert par Huygens est de 16 jours; celle de ce nouveau satellite est environ de 80 jours : celui-ci accompagne aussi Saturne, mais à une plus grande distance; il met plus de tems à faire son cours, parce qu'il a une orbite plus vaste. Ce satellite étoit petit & foible de lumiere, il fut découvert avec une lunette de dix-sept pieds : mais le clair de lune, un peu moins de transparence dans l'atmosphere suffisoient pour empêcher de le voir; il fallut le suivre avec une lunette de trente-cinq pieds; encore le satellite échappoit-il quelquefois. Ce ne fut pas trop d'une année pour déterminer à travers ces difficultés une révolution de près de trois mois ; & l'assiduité de Dominique Cassini lui valut encore, le 23 Décembre 1672 (a), la découverte d'un troisieme satellite de Saturne. Celui-ci s'éloigne bien moins de la planete que les deux autres ; il la serre de plus près dans une orbite peu étendue qu'il parcourt en quatre jours & demi. Voilà donc trois orbes décrits autour de Saturne, le premier en 80 jours, le second en 16 jours, le troisieme en 4 jours & demi. D'assez grands espaces séparent ces orbites, mais on n'auroit pas cru que le plus petit de ces espaces, celui qui est compris entre Saturne & le plus proche de ses satellites, fût celui qui devoit

(a) Cassini, Découverte de deux nouvelles planetes autour de Saturne, p. 9.

renfermer

renfermer d'autres orbes & d'autres mondes. Dominique Caſſini s'en aſſura au mois de Mars 1684; il lui fallut à la vérité des lunettes de cent, cent trente-ſix pieds : mais il découvrit deux nouvelles planetes, plus petites encore que les trois autres, qui circuloient comme elles autour de Saturne, l'une en 2 jours 18 heures, l'autre en 1 jour 21 heures ſeulement (a). Saturne a donc cinq ſatellites, ou cinq lunes ſemblables à la nôtre ; celui qui a été découvert par Huygens eſt le quatrieme dans l'ordre de diſtance, à compter de la planete ; les quatre autres appartiennent à Dominique Caſſini, ce ſont ſes conquêtes. Ces découvertes ſont le fruit de l'application & de l'aſſiduité de l'obſervation ; elles ſont auſſi le produit du progrès des arts & de la perfection des inſtrumens. L'invention des lunettes ouvrit les champs du ciel, Galilée y fit la premiere moiſſon, mais les inſtrumens n'étoient pas aſſez perfectionnés. On n'auroit pas été plus loin, ſi l'art ne s'étoit pas lui-même avancé, ſi Huygens, Hévélius & ſur-tout Campani n'euſſent donné à l'aſtronomie d'excellens objectifs de cent & de cent cinquante pieds de foyer qui aggrandirent les eſpaces permis à la vue humaine. Nous ignorons ſi le ciel n'a pas encore des merveilles cachées, d'autres découvertes ſont peut-être réſervées à d'autres progrès du même art. Caſſini, entouré des merveilles du regne de Louis XIV, touché de la grandeur de ce prince & de la protection qu'il accordoit aux ſciences, ſe propoſa l'exemple de Galilée, qui avoit donné aux ſatellites de Jupiter le nom *d'aſtres de Médicis*, & voulut que ceux de Saturne portaſſent le nom *d'aſtres de Louis* (b). Il déſiroit imprimer la gloire du Roi ſur des monumens plus durables que le bronze ; mais ces apothéoſes, où la flatterie eſt toujours ſoupçonnée, ſont rarement confirmées par

(a) Mém. Acad. Scien. T. X, p. 487. (b) *Ibid.* p. 494.

la postérité; Louis perdit ses astres, comme Médicis avoit perdu les siens.

§. X.

Les révolutions de ces cinq satellites, comparées à leur distance au centre de la planete, c'est-à-dire, aux demi-diametres de leurs orbes, sont ce qu'elles doivent être pour suivre la loi établie par Képler. Ces révolutions sont comme les racines quarrées des cubes de ces distances (a); c'est une preuve de la légitimité de cette loi. Ainsi la vérité se manifeste: les auteurs des systêmes hasardés perdent tous les jours quelque chose; la nature, en se développant, confirme tous les jours les vérités enseignées, & la gloire de leurs auteurs croît avec les âges. Depuis Dominique Cassini on n'a point ajouté au nombre des planetes; notre systême, dont le soleil fait le centre, est composé de six planetes principales, qui avec notre satellite font les sept planetes des anciens, & de neuf satellites dont Galilée, Huygens & Cassini nous ont enrichis. Il y a donc, outre le soleil, qui est le principe de la chaleur & de la lumiere, six planetes principales, & dix satellites qui reçoivent de lui cette chaleur & cette lumiere. C'est donc à tort que l'ingénieux Huygens avoit cru que son satellite de Saturne complettoit notre systême, parce que le nombre des satellites devenoit égal au nombre des planetes (b): ces raisons de convenance sont toujours illusoires; ce sont les convenances de nos vues petites & bornées, & non celles de la nature.

§. XI.

Le premier des satellites de Saturne découvert par Cassini,

(a) Mém. Acad. Scien. T. X, p. 492.

(b) *Suprà*, p. 231.

le plus éloigné de tous préſenta un phénomène particulier & extraordinaire : ces ſatellites ſont difficiles à appercevoir, il faut un ciel ſerein & de forts inſtrumens ; mais en réuniſſant toutes ces circonſtances, le cinquieme échappe encore quelquefois à la vue. Ces diſparitions, qui ſemblent tenir à ſa propre nature, furent ſuivies avec ſoin, il falloit en connoître la loi & la cauſe. On s'aſſura que la lumiere du ſatellite avoit réellement une période d'augmentation & de diminution ; il étoit toujours viſible, lorſqu'il ſe trouvoit à l'occident de la planete, mais lorſqu'il s'éloignoit à l'orient, il devenoit inviſible, comme s'il fût entré dans une ombre ou dans un nuage (*a*). Ce n'étoit point que cette petite planete s'éloignât de nos yeux ; quand elle s'éloigneroit inégalement de Saturne, cette variation de diſtance ſeroit preſque inſenſible pour nous & ne pourroit produire aucun affoibliſſement de lumiere. Ce ne ſont point non plus des phaſes qui ſont la cauſe de ces changemens ; à la diſtance où Saturne eſt du Soleil & de nous, nous voyons toujours cette planete entierement éclairée, avec un diſque plein, & ſi nos lunettes étoient aſſez fortes pour diſtinguer les diſques de ces petits ſatellites, nous les verrions comme elle, toujours pleins & ſans diminution de clarté. Les anciens ſe ſeroient tirés de ces difficultés, en ſuppoſant à l'orient de Saturne un fluide plus épais & plus denſe, qui auroit couvert & fait diſparoître le ſatellite. Ces erreurs & ces ſuppoſitions commodes étoient tombées avec l'ancienne philoſophie ; il ne

(*a*) Il eſt arrivé cependant quelquefois, mais très-rarement, que ce ſatellite a été viſible dans toute l'étendue de ſon orbite. Il a été viſible depuis le mois de Septembre 1705 juſqu'au mois de Janvier 1706, tant dans la partie occidentale où il a toujours été viſible, que dans la partie orientale où il avoit coutume de diſparoître (*Mémoires Acad. Scien.* 1707, p. 296) ; ce qui prouve combien il faut de circonſpection & de tems pour établir les regles générales. Il fut viſible avec des inſtrumens plus forts qui ſuppléoient à la lumiere affoiblie. Ce fait ne change rien à tout ce qui eſt établi ici. L'affoibliſſement de lumiere eſt réel, & cet affoibliſſement ne peut être produit que par des taches.

reste qu'une hypothèse naturelle que Cassini fut forcé d'adopter; c'est que le satellite a un hémisphere qui nous renvoie moins de lumiere que l'autre : cette lumiere diminuée est trop foible pour frapper l'organe, & le satellite cesse d'être visible.

§. XII.

CETTE explication vraisemblable tient de bien près sans doute à la vérité, mais elle ne suffit pas pour rendre raison du phénomène. Le satellite disparoît toujours dans la partie orientale de son orbite ; ce phénomène dépend donc de son mouvement & de sa révolution : mais pour en développer la cause présumée, il faut se rappeler ce que nous avons dit, en développant la vicissitude des saisons dans le systême de Copernic (a). Il résulte du parallélisme de l'axe de la terre que toutes ses parties sont constamment dirigées vers les mêmes points du ciel ; & il résulte de son mouvement autour du soleil, qu'elle lui présente successivement ses deux hémispheres; sans le mouvement diurne, un de ses hémispheres jouiroit pendant six mois, ou pendant une demi-révolution, de la présence du soleil, tandis que l'autre hémisphere en seroit privé. Tout corps qui circule autour d'un autre est dans le même cas; il lui présente successivement ses deux hémispheres. Dominique Cassini appliqua ces considérations à la lune dont les apparences sont contraires ; elle circule autour de nous, & elle ne nous laisse voir qu'une de ses faces. Il apperçut avec la sagacité qui lui étoit propre, qu'il devoit y avoir dans le globe de la lune un mouvement inobservé, qui détruisoit à notre égard l'effet de son mouvement de translation autour de nous. Cassini fit comme Képler, qui devina la rotation du soleil ; il

(a) *Suprà*, Tome I, p. 352.

devina celle de la lune (*a*) : son génie lui démontra que puisque la lune nous offre toujours le même hémisphere & les mêmes apparences, il faut qu'elle tourne sur son axe, & dans un tems égal à celui de sa révolution autour de la terre. En effet il résulte de cette égalité supposée, & des deux mouvemens contraires, qu'à mesure que la lune chemine dans son orbe, & tend par ce mouvement à nous laisser voir de nouvelles parties de son globe, le mouvement de rotation retire ces parties, & la même face nous reste. Ces deux mouvemens s'exécutent avec tant d'accord, que dans l'orbite chaque pas qui tend à nous faire voir une portion nouvelle de la lune, est accompagné d'un petit mouvement sur son centre, pour nous conserver la même apparence. Cassini y trouva la vraie cause de la libration de la lune en longitude (*b*), cette cause dont Hévélius avoit approché sans la voir. Si la lune s'avançoit uniformément, si ses mouvemens étoient égaux, il n'y auroit point de libration à cet égard. Mais elle marche avec inégalité, & d'un pas tantôt plus, tantôt moins vîte que son pas moyen ; le mouvement de révolution sur l'axe est toujours le même. Quand le centre de la lune va d'un mouvement plus prompt que le mouvement de rotation, elle nous découvre vers le bord oriental, quelques régions auparavant invisibles, qui disparoissent lorsque la planete revient à son mouvement moyen. Lorsqu'au contraire elle va moins vîte que sa rotation, ce retard doit nous faire appercevoir vers le bord occidental, des parties qui cessent également de se montrer, quand le moyen mouvement se rétablit. Cette égalité de la rotation & de la révolution de la lune est un phénomène extraordinaire, sur-tout en considérant combien il est rare que la nature

(*a*) J. Cassini, *Élem. d'astr.* p. 256.

(*b*) En 1675.

ſe copie, & qu'elle donne à plusieurs de ſes œuvres la même grandeur ou la même durée ; mais ce n'eſt pas à nous à preſcrire, ou à exclure ſes reſſemblances, elle nous donne les faits pour que nous les admettions ſans réſerve. Juſqu'ici aucune obſervation n'a pu joindre ſa lumiere à celle de la raiſon, pour nous aſſurer de l'égalité des deux mouvemens de la lune, mais la raiſon ſuffit ; elle nous montre un phénomène néceſſaire, & dès que ce phénomène n'exiſte pas, il faut bien qu'il ſoit détruit par un phénomène égal & contraire. Quand la raiſon eſt ſuffiſamment éclairée, elle n'a pas beſoin du témoignage des yeux, & par la vue de l'eſprit nous voyons la lune tourner ſur ſon axe, comme nous voyons la terre tourner tous les jours ſur elle-même, quoiqu'elle ſoit immobile pour nos ſens.

§. XIII.

Cette théorie du ſatellite de la terre étoit celle du ſatellite de Saturne : ſi ce ſatellite n'a point de rotation autour de ſon axe, il doit, dans ſes révolutions, préſenter ſucceſſivement ſes différens hémiſpheres à Saturne ; mais cet effet ne peut avoir lieu, ſans que le même hémiſphere ſoit toujours, & dans tous les tems dirigé au ſoleil (*a*). Ce ſeroit donc toujours la même face qui ſeroit éclairée & viſible pour nous ; il n'y auroit donc point de changement, ni de viciſſitudes, la lumiere demeureroit la même, & le ſatellite ne diſparoîtroit point. Mais puiſque le ſatellite diſparoît, c'eſt une preuve que ſa lumiere eſt variable ; cette lumiere ne varie & ne diminue que parce que des parties, qui abſorbent plus de lumiere, ſont offertes à

(*a*) *Voyez la figure* 20. Si le ſatellite, en tournant autour de Saturne placé au centre de ſon orbe, lui préſente alternativement ſes deux faces *a* & *b*, il ne peut le faire ſans que la même face *a* ſoit toujours tournée vers le ſoleil S & vers nous.

nos regards : & puiſque les mêmes parties ne ſont pas toujours expoſées au ſoleil, toujours éclairées, toujours viſibles pour nous, il s'enſuit qu'il y a dans le globe du ſatellite un mouvement qui lui eſt propre, qui les expoſe au ſoleil & à nous, & qui nous les retire. Ce mouvement ne peut être qu'une rotation du ſatellite ſur ſon axe, & le phénomène de ſa diſparition arrivant toujours dans le même point de ſon orbite, il y a lieu de croire que par une combinaiſon de durée ſemblable à celle qui a lieu pour la lune, le tems de la rotation de ce ſatellite eſt égal à celui de ſa révolution autour de Saturne. Cette découverte de Dominique Caſſini pourroit, avec moins de réſerve, nous conduire à une grande concluſion. Il ſembleroit que cette égalité tînt à l'eſſence des planetes ſecondaires ; on croiroit que la nature a lié ces mouvemens par des cauſes qui nous ſont cachées, & attaché le même hémiſphere à la vue de la planete. Mais deux exemples ſur dix ſatellites ne ſuffiſent pas pour en faire une loi générale ; les planetes ne ſont point aſſujetties à la même regle, elles qui ſont les ſatellites du ſoleil. Peut-être quelque jour aurons-nous des indices de la rotation des autres planetes ſecondaires ; il faut, pour prononcer avec certitude, demander des connoiſſances à l'avenir, & l'aſtronôme en revient toujours à attendre le tems.

§. XIV.

C'EST un beau ſpectacle que celui des nuits de Jupiter, où l'on peut voir à la fois quatre lunes ſur un même horizon, mais ce ſpectacle n'eſt rien en comparaiſon de celui des nuits de Saturne. Cette planete a une lune de plus que Jupiter, & ſon anneau lumineux, ſuſpendu en voûte ſur la tête des habitans, eſt un phénomène unique dans la nature : ſemblable en quelque ſorte à notre voie lactée, il doit partager comme elle

le ciel, mais avec une clarté plus forte & plus égale ; il sembleroit unir les deux extrémités de l'horizon par un pont de lumiere, si sa continuité n'étoit pas interrompue par l'ombre du globe de Saturne : cette ombre éclipse une partie de cet anneau, où elle va porter la nuit (*a*). Les partisans des causes finales n'ont pas manqué de dire que tant de surfaces réfléchissantes étoient destinées à multiplier la lumiere sur le globe de Saturne, & à le consoler de son éloignement, en compensant par l'illumination des nuits ce que cet éloignement fait perdre aux jours. Mais ces surfaces d'où réjaillit tant de lumiere, ne renvoient point de chaleur, qui sur le globe de Saturne doit être médiocre comme la clarté : on sait que la lumiere de la Lune ne brûle, ni n'échauffe sensiblement, même en unissant beaucoup de rayons dans un petit espace (*b*). La nature auroit donc plus songé à éclairer les Habitans de Saturne qu'à les échauffer, tandis que le globe de Mercure reçoit à la fois & des flots de lumiere & des rayons brûlans.

§. XV.

Auzout imagina le moyen d'illuminer un objet suivant une proportion connue, & à volonté ; il se servit d'un objectif pour réunir à son foyer tous les rayons tombés sur sa surface : ces rayons étoient resserrés dans un petit espace ; la lumiere avoit donc plus de force & d'éclat, la chaleur étoit plus grande que celle des rayons séparés. Auzout couvroit cet objectif de cercles de carton de différentes ouvertures, qui diminuoient à volonté

(*a*) Cet anneau a 64000 lieues de diametre & 9000 de largeur. M. de la Lande, *Astr.* art. 3243.

(*b*) La Hire le fils rassembla au foyer d'un miroir ardent de trente-cinq pouces de diametre les rayons de la lune. Ces rayons occupoient un espace trois cent six fois plus petit que la surface de ce miroir, c'est-à-dire, que l'intensité de la lumiere y étoit trois cent six fois plus grande, ces rayons se croisoient ; cependant ils n'exciterent aucune chaleur sensible dans la boule d'un thermometre de deux pouces de diametre. *Mém. Acad. Scien.* 1705, p. 346.

l'étendue

l'étendue de l'objectif & la quantité de lumiere ; ensuite pour connoître ce qui se passe sur les planetes proches ou éloignées du soleil, il augmentoit ou il diminuoit cette ouverture, à proportion de ce que la distance de la planete étoit plus petite ou plus grande. Saturne est environ dix fois plus loin que nous du Soleil ; on sait que tout égal d'ailleurs, la quantité des rayons, la lumiere & la chaleur qui en dépendent, croissent comme le quarré de la distance diminue. Saturne a donc cent fois moins de lumiere & de chaleur que nous. La distance de Mercure est à celle de la terre comme 2 est à 5 ; la lumiere, la chaleur qu'il reçoit, comparées à celles que nous recevons, sont donc comme 25 à 4, ou environ six fois plus grandes. Auzout, resserrant ou augmentant l'ouverture de son objectif relativement aux distances des trois planetes, pour qu'il reçût des quantités de rayons égales à celles qui tombent sur les globes de ces planetes, s'assura que malgré l'énorme distance de Saturne, le jour y est plus grand qu'il n'est sur la terre, lorsque le ciel est couvert de ses nuées & de ses voiles. Ces jours nuageux & sombres nous paroissent tristes, mais il faut nous souvenir que si Saturne est peuplé, ses habitans n'en connoissent point d'autres. Ce n'est ni le plus ni le moins, ce n'est pas la privation même, c'est la comparaison qui nous afflige ; on n'est pauvre qu'à côté des riches. Quant à la chaleur, Auzout éprouva qu'il falloit une chaleur cinquante fois plus grande que celle que l'on éprouve à Paris pour brûler les corps noirs, qui ne perdent rien de ce qu'ils reçoivent, & qui s'imbibent de tous les rayons ; il faut une chaleur encore neuf fois plus grande (a), c'est-à-dire 450 fois au-dessus de la nôtre, pour brûler les corps blancs, qui ne sont éclatans que parce qu'ils

(a) Mém. de l'Acad. des Scien. Tom. VII, Part. II, p. 52.

se privent de la lumiere pour nous la renvoyer presque toute. Le globe de Mercure, placé si près du foyer, ne reçoit cependant que six fois plus de chaleur que nous ; il lui en faudroit cinquante fois plus, il auroit besoin d'une chaleur huit fois plus grande que la sienne, pour la combustion des corps noirs : ces corps, encore moins les corps blancs, ne peuvent donc s'y enflammer. Cette chaleur, mesurée sur nos sensations, peut cependant nous paroître énorme ; mais il faut se souvenir que les choses assemblées par la nature, sont toujours dans les proportions convenables : & indépendamment des causes physiques, qui peuvent modifier cette température, si Dieu a placé des habitans sur le globe de Mercure, il a proportionné les êtres à leur demeure, & il les a faits d'une complexion propre à y vivre. Ces expériences d'Auzout n'ont pas toute l'exactitude qu'on peut leur demander ; mais elles sont ingénieuses : elles ont servi d'exemples aux recherches du même genre, & elles fournissent un module pour la lumiere.

§. XVI.

La recherche & l'observation suivie des satellites de Saturne valut encore à Dominique Cassini plusieurs découvertes. Lorsque cette planete sortit des rayons du Soleil dans l'année 1675, elle se montra avec une bande obscure, semblable à celles de Jupiter, & étendue d'orient en occident, selon la longueur de l'anneau. Cette bande étoit l'ombre que l'opacité de l'anneau jette sur la planete ; mais cet anneau offrit un autre phénomène dans sa largeur, partagée par une ligne obscure, qui la divisoit en deux parties égales. Il en résulte que l'anneau est double ou, composé de deux parties séparées ; cette apparence a été nommée *la duplication de l'anneau*. Mais ces deux parties, ces deux anneaux, l'un extérieur, l'autre

intérieur, n'avoient pas la même clarté; l'extérieur étoit le plus obscur, il y avoit entr'eux la même différence qu'entre l'argent mat & l'argent bruni. On se rappela que dans l'année 1671, lorsque les anses de Saturne étoient prêtes à disparoître, elles se raccourcirent d'abord, sans doute parce que les extrémités formées seulement de l'anneau extérieur plus obscur, disparurent avant les parties du milieu, où l'anneau a ses deux zônes, dont l'une est plus éclairée (a).

Ce n'est pas tout ce que Dominique Cassini vit sur Saturne, il apperçut des bandes qui n'étoient point l'ombre de l'anneau; bandes à peu près semblables à celles de Jupiter, mais moins apparentes. La couleur obscure de ces taches ne tranche pas assez sur la surface, médiocrement lumineuse de la planete, pour qu'elles puissent servir à découvrir sa rotation. Ces bandes étoient parallèles à l'anneau, avec peu de courbure : cependant, en conséquence de l'élévation de l'œil sur leur plan, au moment de l'observation, elles auroient dû avoir une courbure elliptique, si elles avoient été attachées au globe de Saturne, puisque tous les cercles d'un globe, vus obliquement, se présentent sous la forme d'une ellipse : mais elles n'avoient pas cette forme, elles étoient donc hors du globe; c'est la conclusion de J. Cassini, lorsqu'après son pere il revit les bandes en 1715. Il faut qu'elles soient suspendues au-dessus de la surface de Saturne, & qu'elles l'enveloppent comme son anneau (b). On voit comment de legers indices conduisent à des découvertes, & quel empire a la raison qui double ses connoissances par des conclusions justes & hardies! J. Cassini pensa que ces bandes obscures pouvoient être des nuages, moins propres que

(a) Mém. de l'Acad. des Scien. Tom. X, p. 404.
Transact. philos. 1676, N° 128.

(b) J. Cassini, *Elémens d'astronomie*, pag. 337.
Mém. Acad. Scien. 1715, p. 41.

des parties solides à réfléchir la lumiere, & qui étoient portés dans une atmosphere qu'on fut obligé d'étendre depuis le globe de Saturne jusqu'à son anneau. Mais ces bandes ont été vues, & à la même place, en 1675, en 1683, en 1696, & en 1715; il est bien peu vraisemblable que des nuages soient stagnans dans une atmosphere, & qu'après des interruptions, soit de leur existence, soit seulement de l'observation, ils se retrouvent précisément au même lieu, au bout de vingt & de quarante années. Ne vaudroit-il pas mieux supposer que ce sont des anneaux, semblables à celui qui est bien constaté, mais d'une nature qui absorbe plus de rayons? On a besoin de lunettes plus fortes pour distinguer ces bandes ou ces anneaux, & si on ne les voit pas toujours, c'est que la moindre altération dans la transparence de l'atmosphere suffit pour les dérober à la vue.

§. XVII.

Au reste ces taches continues ne furent pas si utiles que l'avoient été les taches isolées de Jupiter; l'apparence des bandes de Saturne étant toujours la même, lorsqu'on pouvoit les voir, ne peut indiquer aucun mouvement. Ces bandes ne nous ont rien appris sur la rotation de la planète: au défaut de pouvoir dire ce qui est, on a prononcé sur ce qui n'est pas; & cette méthode d'exclusion, en nous épargnant des idées fausses, resserre les limites de notre incertitude, ou, disons-le, de notre ignorance, & nous approche réellement de la vérité inconnue. Ces exclusions ne purent être fondées que sur des suppositions, à cause du double corps de Saturne & de son anneau. Si Saturne se meut sur un axe, en entraînant avec lui son anneau, il est évident que cet axe doit être perpendiculaire à l'anneau, & le mouvement de rotation dans le

plan de cet anneau; car si l'axe étoit, par exemple, dans ce plan, & que la rotation fût perpendiculaire, l'anneau, dans une durée de cette révolution, nous offriroit toutes ses phases, nous le verrions entourer le disque de Saturne comme une zône circulaire, mais séparée; ensuite il disparoîtroit en nous offrant sa mince épaisseur, après avoir passé par toutes les phases intermédiaires. Mais comme la disparition de l'anneau & la succession de quelques-unes de ses phases n'a lieu qu'en vertu du mouvement de Saturne autour du Soleil, il s'ensuit que si l'anneau se meut avec Saturne, la rotation s'accomplit dans le plan de l'anneau & des bandes qui lui sont parallèles. Si Saturne se meut seul, ce qui paroîtra peut-être peu vraisemblable, alors il peut tourner dans tous les sens; nous n'avons point de prise sur ce mouvement, & il nous restera inconnu, jusqu'à ce que des instrumens plus forts nous permettent d'appercevoir avec plus de distinction les détails & les taches de son disque.

§. XVIII.

Tant de découvertes dans le systême de Saturne, tant de vérités connues furent cependant mêlées à quelques erreurs: une de ces vérités étoit l'explication ingénieuse qu'Huygens avoit donnée des apparences de l'anneau; cependant on osa proposer une autre hypothèse. Depuis que Cassini avoit donné quatre satellites de plus à l'univers, on se familiarisoit avec les satellites; nous en possédions dix, au lieu d'un qu'on avoit autrefois. On voyoit bien que les parties de l'anneau étoient solides comme celles du globe de Saturne, puisque les unes & les autres étoient également propres à réfléchir la lumiere On n'alla point jusqu'à nier cette solidité, mais on la crut formée de satellites serrés les uns contre les autres; & à cause de la

duplication de l'anneau qui étoit bien assurée, il fallut supposer deux bandes, ou deux ordres de satellites également placés sans interruption. Nous ne voyons pas qu'un anneau solide & continu fût plus difficile à concevoir que cette armée de satellites, marchant sur deux colonnes, avec une discipline admirable, & sans qu'un seul s'écartât jamais des autres. On s'étonnoit que cet anneau isolé, sans doute solide & pesant, pût se soutenir ainsi suspendu & subsister sans appui, mais la Lune se soutient sans tomber sur la Terre, les satellites de Jupiter & de Saturne roulent également autour de leurs planetes, un anneau continu peut subsister comme eux. C'est toujours le passage d'une idée à l'autre qui est difficile; le plus grand mérite de l'esprit est celui des applications: faute de saisir cette analogie & d'éclairer un fait par un autre, on échappoit à une idée vraie pour une idée absurde. Dominique Cassini n'adopta point l'erreur de ce systême, il regardoit l'explication de Huygens comme démontrée (*a*). Mais ce qui doit étonner, c'est que l'hypothèse des satellites serrés en forme d'anneau ait reparu en 1715 (*b*): elle a même été renouvelée depuis. Tout ce qui n'est pas susceptible de démonstrations mathématiques, éprouve des difficultés; les idées les plus ingénieuses sont combattues; la vérité nous est toujours étrangere, il faut qu'elle ait le tems de se naturaliser.

C'est à peu près à cette époque que Dominique Cassini traça les progrès de l'astronomie, dans un écrit où il traite de son origine & de son antiquité (*c*): ce morceau est précieux; on aime à voir un homme de génie planer ainsi sur une longue

(*a*) Mém. Acad. Scien. Tom. X, p. 448.

(*b*) *Ibid.* 1715, p. 14.

(*c*) Cassini, de l'origine & du progrès de l'astronomie, *Mém. Acad. Sc.* Tom. VIII, Nous croyons que cet ouvrage a été composé depuis la découverte des derniers satellites de Saturne, parce que Domin. Cassini en parle, & avant qu'il se fût assuré de la lumiere zodiacale, parce qu'il n'en parle pas.

carriere, & montrer les pas de l'esprit humain. Dominique Cassini s'arrêta bientôt, cette histoire de la science n'auroit été que la sienne; & il est très-remarquable que décrivant les travaux de l'Académie auxquels il avoit tant de part, parlant des découvertes que lui-même & lui-seul avoit faites, il ne s'est jamais nommé, il dit toujours *on a vu*, *on a imaginé;* & avec une occasion naturelle & répétée de parler de lui, cette modestie qui lui fait tant d'honneur, est une belle leçon!

§. XIX.

Des six planetes qui tournent autour du soleil, il en est donc trois qui sont accompagnées de satellites; l'analogie portoit à croire que les autres n'en étoient pas privées, mais l'observation démentit l'analogie. D. Cassini, en 1670, après avoir long-tems cherché & promené ses regards autour de Vénus & de Mars, s'assura que ces planetes n'avoient pas de satellites, du moins dont la grandeur & la surface fussent propres à nous renvoyer constamment une lumiere sensible (*a*). Mercure est toujours trop près du Soleil, trop enveloppé de ses rayons, pour permettre cet examen; mais quant à Vénus, il est encore douteux si elle a un satellite. Le 25 Janvier 1672, D. Cassini, observant Vénus, vit depuis 6 heures 52 minutes du matin jusqu'à 7 heures 2 minutes une lumiere, qui avoit la même phase que la planete; c'étoit alors un croissant. Il est certain que si Vénus avoit un satellite, nous les verrions l'un & l'autre avec la même phase; ces deux astres seroient trop près pour que de la distance où nous en sommes, ils ne parussent pas semblablement placés à l'égard du Soleil, & semblablement éclairés par sa lumiere. Dominique Cassini revit cette apparence le 28 Août

(*a*) Mém. de l'Acad. des Scien. Tom. X, p. 407.

1686, le matin pendant un quart d'heure; elle avoit un diametre qui étoit environ le quart de celui de Vénus; elle montroit encore la même phase, mais avec une lumiere plus foible, qui disparut bientôt dans la clarté du jour naissant. Cet homme, accoutumé aux découvertes, n'en étoit pas devenu moins circonspect; cependant, après ces deux observations il ne put s'empêcher de douter si cette apparence ne seroit point celle d'un satellite de Vénus, qui seroit moins propre qu'elle à réfléchir la lumiere, & qui auroit à peu près la même proportion avec Vénus que la Lune avec la Terre (a). Ce satellite a été invisible pendant cinquante-quatre ans; Cassini ne l'a point revu lui-même, quoiqu'il l'ait cherché; Bianchini ne l'a point trouvé non plus avec des verres de cent pieds, & dans un climat favorable à de pareilles recherches. Mais M. Schort, Anglois, aussi habile à construire les télescopes qu'à s'en servir pour les observations astronomiques, revit ce satellite, ou du moins cette apparence le 3 Novembre 1740; les circonstances en sont intéressantes. Il se servit d'abord d'un télescope qui grossissoit cinquante ou soixante fois, & il apperçut une petite étoile fort proche de Vénus; alors ayant adapté à son télescope un plus fort oculaire & un micrometre, il trouva que l'étoile étoit éloignée de Vénus de 10 minutes 11 secondes. Le ciel étoit fort serein; il prit des télescopes qui grossissoient cent quarante & deux cent quarante fois, & il vit avec une agréable surprise que l'étoile avoit une phase & la même phase que Vénus; elle avoit un diametre qui n'étoit pas le tiers de celui de la planete, une lumiere moins vive, mais bien terminée. M. Schort considéra ce phénomène à différentes reprises & avec différens instrumens

(a) Mém. de l'Acad. des Scien. Tom. VIII, p. 245.

pendant

pendant l'efpace d'une heure, jufqu'à ce que la lumiere du jour vînt le lui ravir (*a*).

§. XX.

En 1761 M. Montagne à Limoges a revu le même phénomène (*b*). Malgré ces apparitions répétées, les aftronômes doutent encore de l'exiftence de ce fatellite qu'on ne peut trouver en le cherchant, & qui n'a jamais été offert que par le hafard; plufieurs font portés à croire que c'eft une illufion optique (*c*). Cependant cette apparence a été revue trois fois par deux habiles obfervateurs, & fur-tout par Dominique Caffini, dont le nom eft d'un grand poids, & qui par l'habitude de l'obfervation devoit être difficile à tromper. M. Schort, qui l'a vue pendant une heure, a sûrement varié plufieurs fois la pofition de fon inftrument, il s'eft fervi de plufieurs télefcopes d'ouverture & de forces différentes; il eft bien étonnant que l'illufion ait été la même. Toutes ces raifons doivent nous faire fufpendre notre jugement : on ne peut ni affirmer, ni nier fon exiftence; mais en attendant ces éclairciffemens de l'avenir, ce fatellite, s'il exifte, n'eft point une richeffe acquife à notre fyftême; on ne poffede point ce qu'on n'eft pas maître de retrouver (*d*).

Quand on a connu cette divifion des planetes, dont les unes font folitaires & les autres entourées de fatellites, quand

(*a*) Tranfac. phil. 1741, N°. 459.
Hift. Acad. Scien. 1741, p. 127.

(*b*) Fontana, Napolitain, en 1645 & 1646, a cru voir un fatellite de Vénus fur le difque même de la planete. *Nova cœleftium terreftriumque rerum obfervationes.*
Hift. de l'Acad. des Scien. 1762, p. 161.

(*c*) M. Hell. *Ephem.* pour 1766.
M. Bofcovich, *Differt. d'opt.*
M. de la Lande, *Aftron.* art. 2999.

(*d*) M. de Mairan penfe que la caufe de la difficulté qu'on éprouve à voir ce fatellite, fes longues difparitions, le hafard qui nous le préfente, viennent de l'atmofphere folaire dans lequel il eft toujours plongé; & il croit que fa furface moins étendue, moins propre que celle de Vénus à renvoyer la lumiere, ne nous en fait paffer qu'une quantité trop affoiblie par la denfité de cet atmofphere, & trop petite pour être toujours fenfible. *Mémoires de l'Acad. des Scien.* 1741, p. 127.

on a vu qu'en partant du soleil, la terre jouissoit la premiere de cet avantage, & que les plus éloignées avoient un plus grand nombre de ces satellites, on a cru, nous l'avons dit, que ces petites planetes étoient destinées à compenser la lumiere affoiblie par la distance du Soleil. Ces raisons tendoient à exclure le satellite de Vénus (a); mais indépendamment de ce qu'elles sont fondées sur les desseins de Dieu & sur les vues de la nature que nous ne connoissons pas, la physique ne peut pas plus les admettre que la philosophie. Lorsque le soleil luit, sa lumiere, malgré la distance, est encore trop forte pour laisser appercevoir celle de ces satellites, ou du moins pour qu'elle soit utile; ils sont donc pendant le jour comme s'ils n'existoient pas. La nuit est sans doute plus claire avec un plus grand nombre de lunes, mais les ténebres, la nuit sont relatives; l'organe de la vue ou est formé exprès, ou se modifie à la longue conformément au degré de lumiere qu'il reçoit. Si les habitans de ces planetes reçoivent pendant le jour une lumiere plus foible que la nôtre, une obscurité proportionnée leur conviendra également; & dans une nuit qui seroit profonde pour nous, ils verront au moins aussi-bien que nous voyons pendant les nôtres. Toutes ces raisons tirées des causes finales, sont inventées après coup sur les faits connus, & l'on auroit imaginé aussi facilement des raisons opposées pour des faits contraires. Si l'on découvroit, par exemple, que Mercure a neuf ou dix satellites, on diroit que jouissant pendant le jour d'une lumiere très-vive, cette planete a besoin d'être fort éclairée pendant la nuit, parce que les yeux des habitans ne pourroient jamais s'ouvrir assez dans l'obscurité, pour y recueillir une lumiere qui suffise à les conduire. Cette

(a) Histoire de l'Acad. des Sciences, 1741, p. 127.

raison seroit bien aussi bonne que l'autre, mais soyons contens quand nous pouvons nous assurer de l'existence des choses; les raisons de l'existence sont inaccessibles.

§. XXI.

Nous revenons aux tems que nous avons quittés, & à Dominique Cassini, à qui les phénomènes inconnus du ciel sembloient réservés. En 1683 il apperçut une lumiere entiérement nouvelle; nous ne disons point qu'elle n'eût pas été vue par les anciens & par quelques modernes, mais elle n'avoit été ni remarquée, ni suivie. Ce n'est pas voir que de voir à la fois ou de suite une infinité de choses; présentes ensemble, elles se nuisent; successives, elles s'effacent, on les oublie après les avoir apperçues: & quand l'observation les isole, elles paroissent tout-à-fait nouvelles. Le 18 Mars 1683, Dominique Cassini découvrit le soir vers l'horizon, & au lieu même où le soleil s'étoit couché, une lumiere semblable à celle qui blanchit la voie lactée; elle étoit plus claire & plus éclatante dans son milieu, plus foible vers ses extrémités, elle s'étendoit obliquement dans le sens du zodiaque & couvroit les signes où le soleil devoit entrer pour commencer le printems. Elle ressembloit encore à la queue d'une comete: aussi lumineuse, mais aussi rare, elle laissoit voir les plus petites étoiles à travers sa clarté; cette apparence étoit seulement plus large. Les queues des cometes ne passent guères un degré de largeur, cette lumiere en avoit dix à douze; sa figure étoit celle d'un demi-fuseau ou d'une pyramide, appuyée sur l'horizon, & atteignant par son sommet aigu jusqu'aux pleïades & aux étoiles du Taureau. La lumiere nouvelle se coucha avec ces étoiles; elle reparut les jours suivans, elle sembla même s'avancer le long de l'écliptique, & précéder le soleil qui s'y

avançoit lui-même. Dominique Caſſini conjectura d'abord qu'elle étoit attachée à cet aſtre, & que ſi le jour cet aſtre n'avoit pas des rayons, qui défendent à toute autre lumiere de ſe montrer, on verroit qu'elle l'environne, & qu'elle lui forme une eſpece de chevelure *(a)*.

Caſſini ſe rappela d'avoir vu quelque choſe de ſemblable lorſqu'il étoit à Bologne dans l'année 1668 : il vouloit ſavoir ſi ce phénomène étoit conſtant ou accidentel ; il chercha dans les anciens, & il y trouva des deſcriptions qui lui parurent faites d'après cette lumiere. Mais le témoignage le plus poſitif fut celui de Childrey, Anglois, qui en avoit vu & très-bien décrit l'apparence *(b)* ; ſa remarque avoit été perdue ; on ne la connut pas, ou on la négligea ſans doute comme la deſcription d'un météore, ſemblable à ceux que le ſpectacle de l'air nous offre preſque tous les jours. On n'obſerve point les choſes qui paroiſſent tenir à ce que nous appelons haſard ; c'eſt ainſi que les Chaldéens négligerent les éclipſes de ſoleil, parce qu'ils ne ſavoient pas les prédire, parce que les bizarreries de la parallaxe firent croire qu'elles n'avoient point de regle *(c)*. On ne fixe l'attention des hommes, on ne les engage au travail de ſuivre les faits, que lorſqu'on enchaîne ces faits aux phénomènes conſtans de l'univers.

§. XXII.

C'EST ce que fit Dominique Caſſini, en ſoupçonnant, en

(a) Mém Acad. Scien. T. X, p. 450.

(b) A la fin de ſon Hiſtoire naturelle d'Angleterre, écrite vers 1659. Voici le paſſage traduit par Dominique Caſſini : *au mois de Février, un peu avant & un peu après, j'ai obſervé pendant pluſieurs années conſécutives, vers les ſix heures du ſoir, & quand le crépuſcule a preſque quitté l'horizon, un chemin fort aiſé à remarquer, qui ſe darde du crépuſcule droit vers les pléïades, & qui ſemble les toucher.* Mém. Acad. Sc. T. VIII, p. 276.

(c) Hiſtoire de l'Aſtronomie ancienne, p. 381.

annonçant que cette lumiere étoit émanée du ſoleil ; elle devenoit auſſi conſtante que le jour & les cauſes mêmes qui la rendent moins fréquente, qui ſouvent nous la cachent, étoient un objet de curioſité. Caſſini avoit l'eſprit d'analogie, il eut bientôt remarqué que non ſeulement cette lumiere, qu'il nomma *zodiacale*, étoit toujours enfermée dans le zodiaque, mais encore qu'elle étoit inclinée à l'écliptique, comme l'équateur ſolaire (*a*) ; ſes réapparitions & ſa permanence démontrent qu'elle n'eſt point dans l'air où tout ſe diſſipe. Si elle réſidoit dans cet air qui tourne avec le globe, elle auroit une poſition conſtante à l'égard de l'horizon ; elle ne ſuivroit point le zodiaque qui varie la ſienne tous les jours (*b*) ; & dès qu'elle exiſte dans l'éther, hors de notre atmoſphere, la circonſtance d'accompagner le ſoleil prouve qu'elle lui eſt inſéparablement unie. Il faut avouer que l'idée qu'on avoit eue de l'anneau de Saturne, composé d'une infinité de ſatellites, s'étendit à cette lumiere ; on crut que, ſemblable à la voie lactée, qui peut être formée d'un amas d'étoiles, la lumiere zodiacale pouvoit renfermer un grand nombre de petites planetes imperceptibles qui faiſoient leur révolution autour du ſoleil & dans ſon équateur. Mais Dominique Caſſini ne jette cette idée que comme une poſſibilité ; il ne s'y arrête pas (*c*). Le phénomène lui parut bientôt une matiere rare & lumineuſe ; il y vit petiller des étincelles que M. de Mairan a revues depuis (*d*). Dominique Caſſini mettoit à ſes recherches cette ſuite qui permet de contempler un objet ſous toutes ſes faces & dans tous ſes détails. Il s'apperçut que cette lumiere étoit ſujette à s'affoiblir, ſouvent il falloit la chercher ; un œil non prévenu

(*a*) Mém. de l'Acad. des Scien. T. VIII, p. 187 & 205.

(*b*) *Ibid.* p. 198.

(*c*) *Ibid.* p. 269.

(*d*) *Ibid.* Traité de l'Aurore bor. p. 20.

ne l'auroit pas apperçue. Caſſini put s'expliquer comment obſervant conſtamment depuis 1663 dans les mêmes conſtellations, dans les mêmes tems de l'année, il ne l'avoit cependant découverte qu'en 1683 (a) ; il put dire pourquoi tant d'obſervateurs avoient conſidéré le ciel ſans la voir : c'eſt qu'elle a des intervalles & des années ſucceſſives où elle ne paroît pas ; il ſemble qu'elle ait une ſource qui puiſſe diminuer & ſe reſtreindre dans ſon cours. On croyoit alors que les taches du ſoleil étoient une dépuration de ſa ſubſtance. Caſſini remarqua que dans les tems où la lumiere zodiacale s'affoibliſſoit, le ſoleil avoit moins de taches, & il conjectura que ces taches & cette lumiere naiſſoient d'un même écoulement (b). Les tems ſuivans n'ont ni confirmé, ni détruit cette remarque ; ce rapprochement n'a encore rien produit, mais il devoit être conſigné dans l'hiſtoire : l'arbre des ſciences a des rameaux dont il ne faut pas déſeſpérer, quoiqu'ils aient été long-tems ſans fruit. Caſſini ajouta une vue ingénieuſe ; il conçoit que le ſoleil a en lui-même une force expanſive, puiſqu'il ſe purifie, puiſqu'il jette à ſa ſurface une matiere craſſe & épaiſſe comme celle des taches, & envoie la lumiere, plus ſubtile & plus légere, juſqu'à nous qu'elle éclaire, & juſqu'aux extrémités de notre ſyſtême planétaire dans l'orbe reculé de Saturne (c) : c'eſt donc l'action de cette force, qui chaſſe dans le plan de l'équateur du ſoleil une matiere moins ſolide que les taches, & plus denſe que la lumiere.

§. XXIII.

Suivant la conjecture de Dominique Caſſini & le ſyſtême qui concilie toutes les obſervations, cette lumiere eſt un amas

(a) Mém. Acad. Scien., T. VIII, p. 227 & 277.

(b) *Ibid.* p. 277.

(c) *Ibid.* p. 204.

de matiere, ou un peu lumineuſe, comme écoulée du ſoleil, ou ſeulement capable de nous réfléchir ſes rayons; elle enveloppe cet aſtre, mais ſous une forme longue & aplatie, telle que celle de deux cônes joints par leur baſe, ou d'un fuſeau dont le ſoleil occupe le milieu. Cette atmoſphere brillante a une étendue conſidérable; Caſſini a trouvé que ces extrémités, les pointes du fuſeau paſſoient l'orbite de Vénus & atteignoient preſque la terre dans le ſien (*a*). M. de Mairan a fait voir depuis qu'elle étoit aſſez étendue pour que notre globe la rencontrât dans ſon chemin, & fût obligé de s'y plonger en la traverſant (*b*). La lumiere zodiacale paroît le ſoir, après le coucher du ſoleil, dans le tems des équinoxes, parce qu'alors le zodiaque eſt preſque perpendiculaire à l'horizon, & que cette lumiere foible ſe trouve plus dégagée des vapeurs; dans les autres tems elle s'y perd & s'y confond, le zodiaque eſt trop incliné pour qu'elle puiſſe s'élever; & au ſolſtice d'été l'inclinaiſon eſt ſi grande que la lumiere zodiacale n'atteint pas même le cercle de l'horizon, elle y reſte cachée avec le ſoleil (*c*). Dominique Caſſini avoit annoncé que le ſoleil, dépouillé de ſes rayons & caché dans une éclipſe totale, paroîtroit entouré d'une chevelure lumineuſe; cette prédiction étoit hardie, elle fut vérifiée dans les éclipſes de 1706 & de 1715. Aſſez long-tems les prédictions aſtrologiques avoient deshonoré l'aſtronomie; ces annonces fondées ſur les faits, & juſtifiées par eux, lui rendoient ſa véritable gloire. Képler, qui devina la rotation du ſoleil, devina auſſi cette atmoſphere; il s'en ſervoit pour expliquer

(*a*) Mém. Acad. Scien. T. VIII, p. 204.

(*b*) Traité de l'Aurore bor. p. 29.

(*c*) Soit *fig.* 21 HR l'horizon, lorſque le ſoleil placé dans l'équateur EQ, atteint la ligne CZ, qui termine les crépuſcules, ſon atmoſphere en fuſeau, la lumiere zodiacale CL paroît au-deſſus de l'horizon dans l'étendue ML. Mais lorſqu'au ſolſtice d'été le zodiaque eſt plus incliné, le ſoleil étant en Z, dans la même ligne CZ, ſon atmoſphere ZM s'éleve moins & atteint à peine l'horizon.

le phénomène des éclipses annulaires (a) : il se demandoit encore pourquoi les éclipses totales du soleil ne nous jettent pas dans une obscurité profonde, & il répondoit que l'astre étoit environné d'une matiere plus dense que l'éther, d'une matiere où une sorte de lumiere étoit conservée par des rayons réfléchis, & qui formoit une couronne à l'astre éclipsé. Ces soupçons ont été vérifiés, ces vues ont été confirmées par le génie de Cassini ; depuis lui il a été reconnu que le soleil est enveloppé comme nous d'une atmosphere, mais d'une atmosphere de lumiere & de feu, digne en tout de l'astre dont elle est émanée, & qui a peut-être comme lui une grande influence sur les corps qu'elle peut atteindre & baigner de ses feux.

§. XXIV.

Quelques années auparavant, en 1676, l'amas des observations des satellites de Jupiter, la maturité des connoissances & le génie de Roëmer, ce Danois que Picard avoit acquis à la France, produisirent une des plus grandes découvertes de l'Astronomie moderne, c'est celle de la propagation & de la vîtesse de la lumiere. Les Tables de Dominique Cassini donnoient la facilité de prévenir & de calculer en tout tems les éclipses de ces satellites. Roëmer apperçut que les éclipses, toujours calculées suivant la même méthode, arrivoient constamment dans certains tems de l'année, plus tard qu'elles n'étoient prédites, & sans que l'astronomie, avec les connoissances acquises, pût rendre aucune raison de cette variation. Il vit que le retard étoit toujours constant dans le même tems, & le même pour chacun des quatre satellites, mus

(a) *Suprà*, p 27.

cependant

cependant avec des vîteſſes inégales dans leurs orbites différentes. C'étoit donc une inégalité commune, mais une inégalité qui n'a point lieu dans ces orbites, elle y feroit différemment modifiée. L'inégalité de Jupiter ſe manifeſte dans les mouvemens de ſes ſatellites (a), avec une durée relative à ces mouvemens. Le retard des éclipſes naît donc d'une cauſe étrangere & à Jupiter & à ſes ſatellites mêmes. Roëmer eut l'idée heureuſe de comparer les diſtances de cette planete à nous, & il reconnut que les éclipſes retardent le plus lorſque Jupiter eſt le plus éloigné. La Terre, en faiſant ſon cours, s'approche & s'éloigne de Jupiter, & leur diſtance mutuelle varie, dans le cours d'une année, de l'étendue du diametre de notre orbe; ſi les éclipſes retardent, c'eſt donc à cauſe de la diſtance augmentée, les évenemens ſe paſſent plus loin de nous, les nouvelles ſont plus long-tems à nous venir. Mais entre les évenemens de ce monde lointain & notre vue qui les conſidere, il n'y a que la lumiere qui nous avertit; la lumiere traverſe pour nous arriver, & la diſtance de Jupiter à notre orbe, lorſque nous ſommes dans la partie la plus voiſine, & encore le diametre entier de notre orbe, lorſque nous nous trouvons dans la partie la plus éloignée.

Roëmer oſa conclure que le retardement des éclipſes eſt le tems que la lumiere emploie à traverſer cet orbe; & comme le retardement, lorſqu'il eſt le plus grand, lui parut d'environ 11 minutes, il annonça aux ſavans que la lumiere n'étoit point inſtantanée, que ſa vîteſſe étoit ſenſible & pouvoit être meſurée, qu'elle parcouroit le diametre de l'orbe de la terre en 11 minutes; & pour preuve de ſa découverte, il prédit que les éclipſes calculées par la méthode ordinaire, arriveroient

(a) *Suprà*, p. 353.

au mois de Novembre ſuivant *(a)*, dix minutes plus tard que les inſtans marqués, ce qui fut confirmé par les obſervations *(b)*.

§. XXV.

On juge bien que la découverte ne fut pas admiſe ſans conteſtation ; & que les ſavans ne ſe rendirent pas d'abord à cette preuve de la vérité. Il eſt une certaine prudence qui doit les rendre circonſpects à l'égard des vérités nouvelles, qui ſont, pour ainſi dire, trop neuves & trop extraordinaires. La lumiere eſt inſtantanée pour nos ſens, dans nos petits eſpaces terreſtres : Deſcartes l'avoit ſuppoſée telle dans l'explication de ſes globules élaſtiques ; & c'étoit une grande autorité que celle de Deſcartes ! On imagina une hypothèſe aſtronomique, qui pouvoit expliquer tout ; mais elle n'étoit ni vraiſemblable, ni phyſique *(c)* : on fut obligé de l'abandonner pour celle de Roëmer, qui étoit phyſique & vraiſemblable, puiſqu'elle étoit vraie. En effet ſi, comme Deſcartes l'a penſé, le phénomène de la lumiere eſt produit par une longue file de globules élaſtiques, qui tranſmettent à une de leurs extrémités le choc reçu à l'autre, la lumiere ne peut être inſtantanée qu'en ſuppoſant le reſſort parfait ; mais cette perfection eſt idéale & mathématique, la nature varie dans leur proportion les qualités des corps, & nous, par nos abſtractions, nous dépouillons abſolument les corps de ces qualités. Cette méthode eſt utile pour la connoiſſance approchée de la nature, mais à la rigueur la nature dément ces méthodes ; elle n'eſt que nuance & mélange : il n'y a point de corps où cette élaſticité

(a) C'étoit au commencement de Septembre 1676 qu'il fit cette prédiction.

(b) Mém. Ac. Sc. T. I, p. 140; T. X, p. 399. Tranſ. phil. 1677, N°. 136.

(c) Mém. de l'Acad. des Scien. T. I, p. 140.

ſoit entiere. Or comme la lumiere ne peut être inſtantanée que dans le cas d'un reſſort parfait, quelque petit que ſoit le défaut, il faut un petit tems pour la tranſmiſſion ; & ce tems eſt celui qui a été obſervé par Roëmer. Si au contraire la lumiere eſt une émiſſion des rayons du ſoleil, ſi elle nous eſt envoyée, on voit que malgré la légereté & la rapidité dont elle eſt évidemment douée, elle doit être aſſujettie aux loix générales ; il faut qu'elle marche, comme les autres corps plus lents, pour arriver à nous ; il n'y a point de marche ſans un tems, & ce tems eſt celui qui a été obſervé par Roëmer.

§. XXVI.

Nous avons attribué excluſivement à Roëmer la découverte du mouvement progreſſif de la lumiere, ce n'eſt pas que ce mouvement n'eût été ſoupçonné par D. Caſſini ; il avoit une vue à laquelle rien n'échappoit. Il a dit poſitivement que le retard des éclipſes des ſatellites de Jupiter indiquoit un retard de la lumiere (*a*) ; mais ou cette vérité lui fut mal préſentée, ou il ne la conſidéra que de loin & ſans examen. Il l'abandonna d'abord ; il l'a même ſi pleinement rejetée, qu'il n'a point cru devoir en revendiquer l'idée. Nous le citerons lui-même (*b*) ; il dit qu'*il avoit remarqué certaines inégalités dans les éclipſes des ſatellites que Roëmer expliqua très-ingénieuſement par le mou-*

(*a*) Duhamel, *Hiſt. Ac. Sc.* 1675, p. 167.

(*b*) Dans le Journal des ſavans du 7 Décembre 1676 on lit ce qui ſuit, p. 235. » La » néceſſité de cette nouvelle équation du » retardement de la lumiere eſt établie par » toutes les obſervations faites à l'Académie & à l'obſervatoire depuis huit ans ; » nouvellement elle a été confirmée par » l'émerſion du premier ſatellite obſervée » à Paris le 9 Novembre dernier à 5^h 35′ » 45″ du ſoir, dix minutes plus tard qu'on » n'eût dû l'attendre, en la déduiſant de » celles qui avoient été obſervées au mois » d'Août, lorſque la Terre étoit beaucoup » plus proche de Jupiter ; ce que M. de » Roëmer avoit prédit à l'Académie dès le » commencement de Septembre. » M. le Monnier, *Inſtitutions aſtron* p. 296 : c'eſt le témoignage des contemporains que nous ajoutons à celui de D. Caſſini.

vement successif de la lumiere, mais il déclare en même tems que cette hypothèse ne s'accorde point avec d'autres observations (*a*). S'il a connu cette vérité, il a donc cessé de l'estimer telle, puisqu'il l'a abandonnée (*b*): il a prouvé sa bonne foi; une découverte brillante, mais suspecte, n'eût été rien pour lui. En la donnant à Roëmer, nous imitons D. Cassini; nous osons conclure & de son aveu & de son abandon, qu'il n'en est point l'inventeur. C'est bien assez que son génie lui ait manqué pour saisir cette idée : née dans sa tête, elle eût été mieux considérée, plus approfondie; elle lui auroit été plus chère, si elle avoit été fille de son génie. Les premieres difficultés la lui firent rejeter comme une étrangere; au lieu que Roëmer prouve la paternité par l'attachement & par la constance. Roëmer soutint la propagation & la vîtesse mesurable de la lumiere; il n'abandonna point la vérité qui s'étoit montrée à lui, il a constaté ses droits & mérité sa gloire. Cette explication ingénieuse & vraie du retardement des éclipses des satellites de Jupiter, établie sur des faits encore trop peu nombreux, encore trop peu éclaircis, étoit regardée comme une hypothèse, surtout depuis la désertion de Dominique Cassini. L'hypothèse fut attaquée en 1707 par Maraldi, & par des raisons spécieuses. Si cette inégalité de la lumiere avoit eu lieu, elle devoit être générale, & la même pour tous les satellites : elle expliquoit très-bien les phénomènes du premier, mais ceux des autres sembloient s'y refuser; ou du moins on n'y trouvoit pas ce rapport intime d'un objet avec sa cause, qui démontre l'existence de la cause, & qui permet à l'esprit de s'y reposer. Il sembloit que chacun des quatre satellites demandât une équation différente; le premier même offroit encore des difficultés. Les tems où la terre est le

(*a*) Mém. Acad. Sc. Tom. VIII, p. 435. (*b*) En 1690, *Ibid.* T. II, p. 67.

plus près de Jupiter sont ceux où cette planete est opposée au Soleil ; Jupiter est le plus loin de nous, lorsqu'il est joint à cet astre, & qu'il se perd dans ses rayons. C'est alors que la lumiere est le plus de tems à nous parvenir ; c'est alors qu'il faut ajouter aux instans marqués des éclipses, une quantité d'instans que l'on nomme l'*équation de la lumiere*. On trouvoit bien de l'opposition à la conjonction la nécessité d'une équation de quatorze minutes (a) ; mais Jupiter ne change pas de distance seulement par le mouvement de la Terre, il se meut lui même, & à cause de l'ellipticité de son orbite, il varie sa distance au Soleil & à nous. Cette variation, quoique moins considérable, quoique trois fois plus petite que celle qui résulte de l'étendue de notre orbe, doit être cependant très-sensible ; elle doit produire une équation de trois minutes & demie, dont les éclipses retardent plus lorsque Jupiter est aphélie, & moins lorsqu'il est périhélie : cette équation ne se laissoit pas appercevoir dans les résultats des observations.

Cependant ces retards étoient bien constatés, & ces différences de l'observation au calcul annonçoient au moins des inégalités dans les mouvemens des satellites. Pourquoi n'a-t-on pas soupçonné que ces inégalités pouvoient altérer l'équation de la lumiere, & même quelquefois la faire disparoître en se compliquant avec elle ? Les grosses planetes, les astres principaux se meuvent inégalement, ils décrivent des ellipses ; nous savons que les petits n'échappent point aux loix où les grands sont soumis. Les satellites devoient donc décrire des ellipses, avoir des inégalités comme la lune qui circule autour

(a) Il paroît que Roëmer n'avoit d'abord estimé cette équation que de 11'. Un examen plus approfondi la lui fit porter ensuite à 14'. Aujourd'hui cette équation, encore mieux connue, est de 16' 15" ; *Infrà*, Liv. XIV.

(b) Mém. de l'Acad. des Scien. 1707, p. 25.

de nous, comme les planetes qui environnent le ſoleil. Dans une premiere vue, on ne conſidere que les grands effets : on a pu faire marcher les ſatellites dans des cercles, parcourus avec égalité ; mais cette uniformité n'exiſte réellement nulle part, nous devons nous défier de tout ce qui en porte l'apparence. Ces mouvemens circulaires, cette uniformité nous ont tant de fois & ſi long-tems trompés ! Il ſemble que l'illuſion nous ſoit naturelle ; elle ſe renouvelle ſans que nous la reconnoiſſions ; nous ſavons qu'elle nous a ſéduits, elle change d'objet, & nous ſéduit encore. M. de Fontenelle, dont l'eſprit étoit philoſophique & ſage, s'applaudiſſoit d'avoir apprécié l'erreur brillante de la propagation de la lumiere. *A quoi tient-il*, dit l'hiſtorien de l'Académie, *que nous ne tombions dans de grandes erreurs ! Si Jupiter n'eût eu qu'un ſatellite, ſi ſon excentricité à l'égard du ſoleil eût été moindre, & ces deux choſes-la étoient très-poſſibles, nous nous ſerions tenus sûrs que la lumiere traverſoit en quatorze minutes l'orbe annuel de la terre* (*a*). C'eſt ainſi que M. de Fontenelle laiſſoit échapper une idée lumineuſe & vraie ; mais ce n'eſt pas avec l'eſprit philoſophique, c'eſt avec le génie qu'on ſaiſit les grandes vérités.

§. XXVII.

DANS le ſiecle qui ſuit l'époque où nous ſommes, on découvrira un ſecond phénomène qui tient à la même cauſe, nous verrons un illuſtre Anglois achever de donner à cette opinion, ou plutôt à cette vérité ſes droits & ſon rang (*b*) ; pour nous, qui ſommes inſtruits par lui & par le tems, nous ſaiſiſſons les premiers rayons de la vérité, & nous lui donnons ſa place au

(*a*) Mémoires de l'Acad. Scien. 1707, Hiſt. p. 77.

(*b*) M. Bradley, par la découverte de l'aberration des étoiles. *Infrà*, Liv. XIV.

moment de sa naissance. La lumiere se meut donc avec une vîtesse presque incroyable, mais sensible! On peut observer quel penchant nous porte à rejeter, à fuir long-tems les notions les plus simples & les plus naturelles: la lumiere frappe notre organe, nous sentons son impression; elle agit sur nous comme l'air qui nous entoure; c'est un fluide qui se répand, qui nous presse, la lumiere est donc un corps. La lumiere a son foyer, sa source dans un astre, la sensation qu'elle excite est en nous, un intervalle immense sépare l'effet & sa cause; rien n'est plus simple que de supposer un tems & une vîtesse pour cet espace. Mais c'est la puissance de la nature qui nous confond; nés pour les excès, nous l'avons fait d'abord trop petite, nous la faisons quelquefois trop grande; l'enthousiasme de l'admiration ne connoît ni bornes, ni mesures. Lorsque Copernic nous a ouvert les espaces de l'univers, cette extension de l'étendue a effrayé les esprits, l'univers a paru trop vaste pour la pensée! Mais lorsqu'on s'est familiarisé avec cette opinion aussi vraie que hardie, lorsqu'on a eu des notions justes de la distance des planetes, de leurs volumes & de leurs masses pesantes, l'imagination s'est plu dans cette grandeur; elle a vu la nature remuer facilement, sans interruption, ces fardeaux, les transporter au loin avec une grande vîtesse, un respect exagéré a forgé des miracles pour les croire: on a dit, la lumiere naît & la lumiere arrive dans un instant insensible à l'extrémité de l'espace. Mais ces inconséquences sont fondées sur une absurdité; on n'osoit croire alors que les rayons de lumiere fussent des corps. Newton, qui évitoit la rencontre des opinions, en marchant la vérité à la main, ne prononce point si la lumiere est une matiere, si ses rayons sont corporels. Les préjugés ne se retirent que comme les ombres, successivement & par degrés; les astres conservoient encore de leur ancienne divi-

nité, & de leur intelligence ſpirituelle, l'immatérialité de leurs rayons.

§. XXVIII.

C'EST déjà un phénomène aſſez étonnant pour la conception humaine, qu'un corps quelque délié, quelque léger qu'il ſoit, parcoure plus de ſoixante millions de lieues en quatorze minutes ; cette vîteſſe eſt deux cent cinquante mille fois plus grande que celle d'un boulet de canon que l'œil ne peut ſuivre! Et quand on compare cette rapidité à la lenteur des mouvemens de certains cercles de notre globe, au mouvement rétrograde des points équinoxiaux, qui n'eſt que de cinquante ſecondes de la circonférence de la terre, & d'environ ſept cent cinquante toiſes par année, au mouvement de l'écliptique qui, pour s'approcher de l'équateur, ne parcourt-le même eſpace peut-être que dans un ſiecle; l'homme eſt étonné de ces différences des œuvres de la nature, & de l'échelle qu'elle peut parcourir; il ſe trouve lui-même ou lent ou rapide, ſuivant les choſes auxquelles il ſe meſure! Qui ſait s'il n'y a pas encore des mouvemens, auxquels le tems n'a pas ſuffi pour ſe rendre ſenſibles? Le mouvement a donc ſes excès de vîteſſe & de lenteur, comme l'étendue a ſes infinis de grandeur & de petiteſſe; l'homme ſemble le milieu de tout, & il admire la nature dans tous les infinis dont il eſt entouré!



HISTOIRE



HISTOIRE

DE

L'ASTRONOMIE MODERNE.

LIVRE ONZIEME,

De Flamſteed, Halley, Hook: Travaux & Découvertes depuis 1672 juſqu'en 1686.

§. PREMIER.

L'ASTRONOMIE que l'on a vu ſi long-tems paſſer de peuple en peuple, accueillie dans un pays, & négligée ou inconnue dans tous les autres, commence à être cultivée à la fois par les diverſes nations de l'Europe. Mais les deux centres d'où ſortirent les plus grandes lumieres ſont les Académies & les Obſervatoires de Paris & de Londres. D. Caſſini, aidé de Picard & d'Auzout, fonda l'aſtronomie en France; Flamſteed & enſuite Halley la fonderent en Angleterre.

Jean Flamſteed naquit à Derby le 19 Août 1646; il y obſerva

depuis l'année 1668 jusqu'en l'année 1674. Horrox, Crabtrée, Gascoigne, Rook & Hook avoient fait des observations en Angleterre avant lui. Les trois premiers enlevés à la fleur de l'âge, n'avoient pu exécuter de longs travaux; le dernier, Hook, fut contemporain de Flamsteed, il s'est particulierement distingué par des idées de génie dont nous allons bientôt faire mention. Ces idées lui ont fait entreprendre quelques observations, mais elles n'ont point la suite de celles de Flamsteed; elles ne font point un ensemble, une masse qui résiste au tems, une masse qui ne puisse être ni oubliée, ni remplacée : Flamsteed s'est élevé au rang de Tycho, en laissant comme lui un énorme dépôt d'observations. Son travail & ses veilles embrassent cinquante années; & dans cet intervalle, quand le ciel s'est montré à découvert, il n'a jamais été laissé à lui-même. Une observation détachée peut avoir une utilité, mais cette utilité est souvent détruite par une observation plus précise. Que font à Tycho & à Flamsteed les progrès des connoissances, & la perfection des instrumens présens ou futurs? L'un & l'autre ont fixé le spectacle tous les jours varié du monde céleste; ils ont, pour ainsi-dire, marqué tous les pas qu'ils ont vu faire aux astres. En ouvrant leurs dépôts, on dira toujours, voilà quel fut de leur tems l'état du ciel; & ces tableaux sont laissés aux générations futures, pour déposer de sa constance ou de ses changemens (a).

(a) Les registres de l'observatoire de Paris renferment un dépôt précieux d'observations, continuées sans interruption depuis 1666 jusqu'aujourd'hui. On n'en trouve qu'un petit nombre dans les Mémoires de l'Académie. M. le Monnier a publié dans un volume les observations faites depuis 1666 jusqu'en 1685. Monsieur Cassini le fils, qui mérite de porter ce nom, a entrepris un travail aussi utile qu'il est immense, c'est de publier la totalité de ces observations, d'en calculer le plus grand nombre, & d'en discuter les résultats.

§. I I.

Flamsteed n'avoit pas encore vingt-ſix ans, qu'il s'avança pour mettre d'accord les aſtronômes, & pour prononcer ſur une queſtion importante, celle de l'équation du tems. L'intervalle écoulé d'un midi à l'autre, la durée d'un jour eſt inégale; Hypparque s'en étoit apperçu, mais cette vérité étoit reſtée preſque ſans uſage depuis dix-huit ſiecles. Cette inégalité réſulte, nous l'avons dit (*a*), & de l'inclinaiſon de l'écliptique ſur l'équateur, & de l'inégalité du mouvement du ſoleil. Ces cauſes étant connues, on peut calculer la quantité dont les jours ſont plus grands ou plus petits, & leurs différences accumulées ſont ce qu'on nomme l'équation du tems; elle ſert à réduire les jours inégaux à une durée égale qui devient une meſure conſtante. Tycho n'avoit admis que la premiere cauſe, & ſon équation du tems étoit imparfaite. Longomontanus ſon diſciple penſoit qu'on avoit eu tort de négliger la ſeconde partie qui naît de l'inégalité du ſoleil, à moins que le mouvement diurne de la terre ne fût lui-même altéré, & ne fît une compenſation. (*b*). Lorſque le ſoleil plus éloigné, paroît faire moins de chemin dans ſon orbe, ce chemin moins long, ajouté à la révolution de l'équateur, fait un jour un peu plus court. Mais ſi, par une cauſe quelconque, la terre ſe mouvoit plus lentement ſur ſon axe, elle feroit des jours plus longs à cet égard, & les deux inégalités pourroient ſe détruire. Képler apperçut très-bien les deux vraies cauſes de l'équation du tems, mais malheureuſement il en ajouta une troiſieme fondée ſur ce que la vertu motrice du ſoleil devoit accélérer la rotation de la terre, rendre les jours plus courts, & par conſéquent

(*a*) *Suprà*, Tom. I, p. 90.

(*b*) Riccioli, Almag. T. I, p. 179.

en donner un plus grand nombre à l'année. C'eſt ce qu'il appelle la *partie phyſique* de l'équation du tems (*a*), & ce que Bouillaud regarde comme une partie tout-à-fait chimérique (*b*). Chriſtman & Witichius avoient rejeté l'équation entiere. Dominique Caſſini lui-même ne jugea pas à propos de l'employer dans ſes premieres Tables des ſatellites en *1666*, parce que les aſtronômes n'étoient pas d'accord. Ce partage étoit ſcandaleux ; comment pouvoient-ils être diviſés ſur une choſe dont les principes ſont évidens, & ont été connus & annoncés par les plus anciens aſtronômes, Hypparque & Ptolémée.

§. III.

Une déciſion étoit d'autant plus néceſſaire, d'autant plus preſſante, que toutes les parties de l'aſtronomie marchoient vers une exactitude nouvelle, & que la connoiſſance certaine du tems eſt indiſpenſable & pour dater les obſervations, & pour calculer leurs intervalles. Nous meſurons tout par des portions de jour, par des jours ou par des années. L'équation du tems n'influe point ſur la longueur de l'année ; cette équation naît du mouvement même du ſoleil, elle croît, décroît & finit avec ſa révolution dont la durée s'accomplit comme ſi l'équation n'exiſtoit pas. Mais pour toutes les durées quelconques, qui ſont ou plus courtes, ou plus longues que des années complettes, quel ſera l'eſpece de jour dont nous les compoſerons ? Nous diſons que la révolution de Vénus autour du Soleil eſt de $224^j\ 16^h\ 39'$, & celles de Jupiter de onze années complettes avec $315^j\ 14^h\ 36'$ (*d*). Mais ces 224, ou ces 315 jours

(*a*) *Epitome Aſtron. Cop.* Lib. IV, p. 550. *Tab. Rudolp.* Cap. XV & XXXII.

(*b*) *Aſtron. philol.* Lib. II, c. 7.

(*c*) Mém. Acad. Scien. T. VIII, p. 435.

(*d*) M. de la Lande, *Aſtronomie*, articles 1156, 1158.

au-delà des années complettes font-ils de ceux que le soleil rend plus longs, ou de ceux qu'il fait plus courts par un mouvement retardé ? On est convenu de prendre pour mesure commune les jours moyens entre les jours inégaux, les jours que le soleil fait avec sa vîtesse moyenne. Ce sont ces jours, c'est le tems qui auroit lieu, si le soleil, parti pour commencer l'année, marchoit toujours d'un pas égal, & accomplissoit sa révolution avec uniformité. C'est le tems que marquent nos horloges qui tiennent cette uniformité du principe de leur construction, & qui n'ont que les irrégularités nées de l'imperfection de la pratique. Mais ce tems n'est plus celui du soleil, les époques, les dates du calcul ne se rencontreront plus avec le tems du ciel. Les phénomènes annoncés arriveront ou plus tôt, ou plus tard ; une éclipse est marquée pour midi de ce tems moyen, si elle tombe dans les jours que le soleil fait plus longs, cet astre ne sera pas encore arrivé au méridien, l'horloge marquera midi, mais il ne sera pas encore midi dans le ciel. Ici naît la considération de deux tems différens, le tems *moyen*, le tems fictif qui est notre ouvrage, qui nous sert de regle, & que nous retrouvons toujours sur nos horloges ; le tems apparent ou le tems *vrai*, qui est celui du soleil & de tous les astres, & le seul qui soit manifesté par la grande horloge céleste.

§. IV.

L'ÉQUATION du tems est chaque jour de l'année la différence de ces deux tems, elle sert à passer de la connoissance de l'un à celle de l'autre : elle étoit d'une nécessité habituelle pour les astronômes, & les uns ne s'en servoient pas ; sa quantité précise est nécessaire pour décider le vrai moment des observations, l'intervalle véritable des phénomènes, & les autres

en employoient une fauſſe. La partie de l'équation du tems, qui naît de l'inégalité du ſoleil, eſt de 7′ 56″, celle qui naît de l'obliquité de l'écliptique de 9′ 55″ (*a*); & leur combinaiſon peut produire une différence de 16′ 14″. L'Académie des ſciences de Paris avoit ſenti dès 1670 la néceſſité d'employer l'équation du tems, & d'en determinet la quantité, après en avoir examiné les principes (*b*). D. Caſſini s'en occupa en 1678; il compara les opinions des anciens à celles des modernes, & prononça en faveur des anciens (*c*). Mais ſi nous rappelons ces faits pour montrer que l'Académie & Caſſini n'avoient pas oublié la conſidération d'un élément ſi important, cette détermination n'en appartient pas moins uniquement à Flamſteed; c'eſt lui qui a publié le premier en 1672 les idées ſaines qu'on devoit avoir ſur ce point d'aſtronomie. C'eſt ſon écrit qui a été la premiere regle, & l'époque de l'uſage non interrompu de l'équation; c'eſt donc à lui qu'eſt due la gloire de cette reſtauration. Nous employons ce mot, parce que Flamſteed n'a réellement rien produit de nouveau. Les deux cauſes avoient été indiquées par Hypparque; elles ont été connues de Képler, & Flamſteed n'auroit eu rien à réformet, ſi Képler n'avoit pas tout gâté, en y mêlant une troiſieme cauſe imaginaire. Mais il faut obſervet que quand la vérité eſt incertaine ou méconnue, la décider, la retrouver eſt une invention. Comment douter que cela n'eût quelque difficulté, puiſqu'après l'Ecole d'Alexandrie, Tycho, Képler & tant d'aſtronômes y avoient ſongé, pour n'y laiſſer que des erreurs? Il falloit y porter un coup d'œil juſte, & on ne l'avoit pas encore fait.

(*a*) Par des corrections nouvelles, on a des quantités un peu plus petites. *Voy.* les Tables de M. de la Caille. Celles-ci ſont celles de Flamſteed: *Diſſert. de inæqual. dier.* imprimée en 1672, à la ſuite des Œuvres d'Horrox.

(*b*) Mém. Acad. Scien. Tom. I, p. 87.

(*c*) *Ibid.* p. 173.

§. V.

Depuis que le commerce embraſſoit les extrémités du globe, les navigations éloignées demandoient des méthodes pour trouver la longitude, pour ſavoir à tout moment le lieu où l'on eſt ſur mer, & pour diriger ſa route; Galilée & Dominique Caſſini avoient envain cherché à faire uſage des ſatellites de Jupiter, leur théorie n'étoit pas aſſez avancée. Morin avoit renouvelé la méthode de Gemma Friſius & de Képler, qui propoſerent d'obſerver la lune, mais on lui oppoſoit les mêmes difficultés (*a*). Les mouvemens de la lune ne peuvent nous ſervir de regle qu'en proportion de la connoiſſance que nous en avons; les Tables de cette planete s'écartoient du ciel ſouvent de 15 à 20′. On ne peut obſerver la lune ſans la comparer aux étoiles, c'étoit une autre ſource d'erreur, les poſitions du Catalogue de Tycho n'étoient plus aſſez exactes, on y trouvoit des différences de 4 à 5′ (*b*). Avant d'employer la méthode des longitudes par les obſervations de la lune, il falloit donc réformer l'aſtronomie, il falloit ſuivre, & pendant long-tems les mouvemens de cette planete, afin de les connoître & de les prédire avec ſûreté. L'aſtronomie devenoit un beſoin ſurtout pour les Anglois, pour un peuple navigateur qui cherchoit les avantages du commerce, & qui aſpiroit à l'empire de la mer. Charles II réſolut de fonder un obſervatoire à Gréenwich, & l'exécution en fut confiée au chevalier Moor, intendant général de l'artillerie. Moor étoit ami de Flamſteed dont il connoiſſoit le mérite, il avoit déjà aidé ſes premiers eſſais; c'eſt lui qui conſeilla au Roi de le choiſir pour aſtronôme royal, & de lui confier la direction des travaux aſtronomiques. Les

(*a*) *Suprà*, p. 175.

(*b*) Flamſteed, *Hiſt. cél.* T. III, *proleg.* p. 101.

hommes qui donnent aux Rois des conseils utiles, & qui leur inspirent de bons choix, sont rares, ils doivent être nommés dans l'histoire (*a*). L'observatoire fut achevé, & Flamsteed y entra au mois d'Août 1676 (*b*).

§. VI.

C'est là que Flamsteed a passé sa vie dans la pratique de l'observation; mais tandis qu'il posoit cette base aux recherches futures, & à l'utilité de l'astronomie pour la navigation, auprès de lui s'élevoit un homme, destiné à aider Newton dans ses grandes déterminations, & à étendre la science par des vues de génie. C'est le célebre Halley qui naquit à Londres le 8 Novembre 1656; dès l'année 1675 (*c*), on le trouve cité, comme ayant fait avec Flamsteed l'observation d'une éclipse de lune (*d*). Il étoit né avec un penchant invincible pour les mathématiques, & il dit lui-même que l'étude de l'astronomie

(*a*) Flamsteed, *Hist. célest.* Tome III, p. 102.

(*b*) *Ibid.* p. 103.

(*c*) M. Halley se fit connoître en 1676; il débuta par une méthode pour déterminer l'aphélie, l'excentricité & les proportions des orbites des planetes; méthode qui ne suppose rien, sinon que les orbites sont elliptiques, que le Soleil est au foyer commun, & que les tems périodiques sont connus. Il commence par la Terre, & il se sert d'abord de la parallaxe du grand orbe, pour déterminer les dimensions de son orbite. Il choisit une observation de l'opposition de Mars vu en M. (*fig.* 22), la Terre étant en P: après une révolution de Mars de 687 jours, Mars étant revenu en M, la Terre qui ne fait deux révolutions qu'en 730 jours & demi, n'est arrivée qu'au point A; il observe de ce point les longitudes de Mars & du Soleil, par conséquent les trois angles du triangle ASM, sont connus; il a donc le rapport de SM à AS, & l'angle ASP. Après une autre révolution de Mars, la Terre étant en B, il a de même le rapport de SM à SB, & l'angle BSP; en C de même, &c. connoissant les rapports des lignes AS, SB, SC, & les angles au Soleil compris; alors la question se réduit à ce problême de géométrie: trois lignes étant données de position & de grandeur, qui dans une ellipse concourent au foyer, trouver l'axe & la distance des foyers. L'Evêque de Salisbury avoit résolu ce problême dans l'hypothèse elliptique simple, c'est-à-dire, en supposant que les angles décrits à l'autre foyer, étoient égaux en tems égaux. M. Halley, qui savoit que cette hypothèse ne s'accordoit pas avec les observations, fit voir qu'on n'en avoit pas besoin pour la solution du problême, & le résolut dans l'hypothèse de Képler (*Transac. phil.* 1676, N°. 128.)

(*d*) *Ibid.* 1675, N°. 116.

lui

lui avoit fait goûter des plaisirs, qui ne peuvent être conçus que par ceux qui les ont éprouvés. Il déclare qu'il s'y étoit livré dès sa jeunesse avec une telle application, qu'en peu de tems il avoit pénétré les mysteres de la science, & atteint les connoissances les plus éloignées de la portée du vulgaire (*a*). C'est ainsi que Halley parle en annonçant son premier ouvrage, achevé avant qu'il eût vingt-trois ans : cet aveu du succès de ses études est une justice ; on auroit pu croire que c'étoit le ton d'un jeune homme, si l'ouvrage n'avoit pas été d'un homme mûr.

§. VII.

Cet ouvrage étoit la suite du plan de recherches qu'il s'étoit fait lui-même. Ayant reconnu que l'astronomie spéculative étoit fondée sur l'astronomie pratique, il n'eut pas plutôt commencé les observations, qu'il s'apperçut qu'on ne pouvoit déterminer aucune position des planetes sans connoître très-exactement le lieu des étoiles. On commençoit à se défier du catalogue de Tycho ; ce catalogue ne répondoit plus à l'exactitude, où les nouvelles méthodes & les nouveaux instrumens avoient porté la science. On savoit qu'Hévélius s'occupoit à rectifier les positions des étoiles ; Flamsteed se proposoit d'entrer dans cette carriere ; mais l'un n'avoit pas fini, l'autre n'avoit pas encore commencé son travail, & tous deux ne pouvoient observer que les étoiles visibles sur les horizons de Londres & de Dantzic. Il en est d'autres, qui plus voisines du pôle austral, n'avoient encore été vues que des commerçans & des pilotes ; elles demandoient un œil plus attentif, & les mesures d'un

(*a*) Préface du Catalogue des étoiles australes.

aſtronôme. Richer a rapporté en 1672 quelques obſervations des étoiles auſtrales (*a*). Il eſt ſans doute le premier aſtronôme qui ait conſidéré la partie méridionale du ciel, mais il ne la vit pas dans ſon étendue, il n'alla que juſqu'à Caïenne, & n'atteignit point l'équateur : il n'a donc point vu le pôle auſtral encore caché ſous l'horizon de cette île. Halley ſentit qu'il falloit s'avancer davantage vers le midi, & ſe placer dans l'autre hémiſphore. On lui propoſa la ville de Riojaneiro, qui eſt un établiſſement des Portugais ſous le tropique, ou le cap de Bonne-Eſpérance, qui appartient aux Hollandois ſous une latitude méridionale de 34 degrés. Halley préféra l'île de Sainte-Helene, qui n'eſt qu'à 16 degrés, mais qui eſt ſous la poſſeſſion angloiſe, & où il crut avoir plus de facilités, parce qu'il ſeroit encore dans ſa patrie. Il partit en 1677; on lui avoit promis un beau ciel qu'il ne trouva pas : à peine en un an put-il obſerver les poſitions de 350 étoiles auſtrales, quoiqu'il ait proteſté, & on peut bien l'en croire, qu'il n'a pas perdu un des momens de la ſérénité du ciel (*b*). C'eſt au cap de Bonne-Eſpérance qu'il auroit eu un horizon le plus ſouvent ſans nuages, & cette ſuite de belles nuits, qui eſt néceſſaire pour faire le dénombrement des étoiles fixes, & pour en déterminer les poſitions relatives. En préférant l'île de Sainte-Helene, Halley n'a pu remplir le vœu qu'il avoit formé, & il a laiſſé à M. de la Caille la deſcription entiere de la partie méridionale du ciel.

Ce petit nombre d'étoiles étoit un complément utile au Catalogue de Tycho, & aux nouveaux Catalogues que préparoient les aſtronômes d'Europe. Halley ne changea point les conſtellations établies par les navigateurs méridionaux, elles commen-

(*a*) Hiſt. Acad. Scien. Tom. VII, p. 1.

(*b*) Préface du Catal. des étoiles auſtr.

çoient à être consacrées (*a*), mais il y plaça un monument de sa reconnoissance : il dessina près du navire un arbre, pour en former une nouvelle constellation ; c'est le chêne qui sauva le Roi Charles II dans le tems de ses infortunes, en le dérobant à la poursuite de ses ennemis. La dénomination a été respectée des nations étrangeres ; en employant les étoiles de Halley, il falloit bien se servir des noms qui les distinguent. C'est l'influence des travaux utiles ; ils communiquent leur importance, ils impriment leur durée à tout ce qui les accompagne.

§. VIII.

PENDANT son séjour dans l'île de Sainte-Helene, Halley eut l'occasion d'observer un passage de Mercure sur le Soleil. Gassendi avoit vu ce phénomène en 1631, Shakerleüs en 1651, Huygens & Hévélius en 1661 ; mais Halley fut le premier qui eut l'avantage de considérer le passage entier, il vit Mercure entrer sur le disque & en sortir. Les circonstances particulières d'un phénomène sont toujours un avantage pour l'observateur qui peut les saisir ; mais un homme de génie voit en même tems les faits & les résultats, & il en tire toutes les conséquences. Le bonheur qu'avoit eu Halley de voir le passage entier, & d'en observer la durée, lui valut l'idée d'une méthode pour découvrir la parallaxe du soleil ; méthode plus exacte que toute autre, & celle qui a procuré au siecle présent la connoissance la plus approchée de la vraie distance du soleil à la terre. Halley ne donna pas d'abord à sa méthode toute l'étendue qu'il lui a donnée depuis ; nous allons cependant la développer, & en réunir les détails. Cette idée de la jeunesse de Halley a été mûrie par son expérience ; mais l'idée première est tout, c'est la vraie production du génie.

(*a*) *Suprà*, Tome I, page 484.

Lorſqu'une planete, comme Mercure, paſſe devant le Soleil, une petite partie de ſon orbite peut être ſuivie de l'œil ſur le diſque lumineux, elle y eſt repréſentée par une ligne, qui eſt une *corde* (a) du cercle de ce diſque, & l'étendue de cette partie de l'orbite de Mercure eſt meſurée par le tems du paſſage. Si Mercure étoit abſolument ſans latitude au moment de ce paſſage, ſon orbite ſe confondroit avec l'écliptique, il décriroit le diametre du Soleil, & paſſeroit devant le centre; mais pour peu qu'il ait de latitude, il s'écartera de ce centre & décrira une corde toujours plus courte que le diametre. Voilà ce qui a lieu pour le centre de la terre, mais les parallaxes qui naiſſent à la ſurface, alterent & changent toutes ces apparences. Le ſoleil par ſa parallaxe eſt un peu abaiſſé vers l'horizon du lieu où l'on obſerve; Mercure l'eſt davantage par la ſienne, parce qu'étant alors entre le Soleil & la Terre, il eſt plus proche de nous & ſouffre une parallaxe plus grande. Si les deux parallaxes étoient égales, les deux aſtres ſeroient également abaiſſés, & la route de Mercure ſur le diſque du Soleil ne ſeroit point changée. Mais Mercure ayant une plus grande parallaxe, étant plus abaiſſé, ſemble s'approcher du centre du Soleil, & décrit une corde plus longue, s'il paſſe dans la partie ſupérieure du diſque; il s'éloigne au contraire du centre, décrit une corde plus courte, s'il eſt dans la partie inférieure. On peut donc s'appercevoir de l'effet de la parallaxe par la grandeur de la corde parcourue, & par la durée du paſſage. C'eſt ce qui eſt arrivé à Halley: Mercure vu du centre de la Terre, & ſans parallaxe, devoit parcourir ſur le diſque du Soleil en 1677, ſuivant les Tables de Stréet,

(a) Toute ligne menée d'un point à un autre point de la circonférence, toute ligne qui joint les deux extrémités d'un arc de cercle eſt nommée la corde de cet arc; la plus grande de toutes les cordes eſt celle qui paſſe par le centre, c'eſt le diametre.

une corde de 30′ 50″; Halley obſerva la durée du paſſage de 5^h 14′ 20″, & cette durée prouve que la corde parcourue ſur le diſque étoit de 31′ 14″ $\frac{1}{2}$. Mercure avoit en conſéquence ſuivi une corde plus longue de 24″ $\frac{1}{2}$: & ce nombre de ſecondes étoit l'effet de la différence des parallaxes du Soleil & de Mercure. Le calcul donna 45″ pour la parallaxe horizontale du Soleil (*a*).

§. I X.

HALLEY ſoupçonna bien que cette parallaxe étoit trop grande; il penchoit à croire qu'elle ne s'éloignoit pas de 25″. Flamſteed ſoupçonnoit, ainſi que Caſſini, qu'elle n'étoit gueres que de 10″ (*b*). Les paſſages de Mercure ne comportent donc pas aſſez d'exactirude dans les obſervations pour ces recherches délicates; Mercure eſt trop près du Soleil, leurs parallaxes ne different pas aſſez, & s'annoncent par de trop petits effets. Mais Halley vit d'un coup d'œil que Vénus offroit la préciſion refuſée par Mercure. Vénus s'approche beaucoup de nous; elle peut avoir une parallaxe aſſez grande, & dont la différence avec celle du Soleil ſoit plus ſenſible. Les effets ſur les paſſages de Vénus ſont les mêmes que ſur ceux de Mercure, la parallaxe allonge ou accourcit la corde parcourue. Vénus eſt encore préférable, à cauſe de ſon mouvement plus lent que celui de Mercure, un petit changement dans l'eſpace à parcourir, répond à un tems plus long. Les paſſages de Vénus ont donc deux avantages ſur ceux de Mercure, le premier eſt celui d'une parallaxe plus grande, qui altere plus la route ſur le Soleil, qui produit un accourciſſement ou un allongement

(*a*) Catalogue des étoiles auſtrales.

(*b*) Flamſteed mandoit à D. Caſſini en 1673, qu'il n'avoit jamais trouvé la parallaxe de Mars en oppoſition de plus de 25 ſecondes, & que par conſéquent celle du Soleil ne devoit pas ſurpaſſer 10 ſecondes. (*Tranſactions philoſophiques*, année 1673, N°. 96).

plus remarquable ; le fecond naît de ce que ces différences font marquées & rendues plus fenfibles par plus de tems. Halley n'ignoroit pas, en inventant cette méthode, qu'il ne la pratiqueroit jamais lui-même : depuis le paffage obfervé par Horrox en 1639, ce phénomène ne pouvoit plus avoir lieu qu'en 1761 (*a*); un fiecle prefque entier devoit s'écouler avant que la nature amenât ce phénomène rare, & que l'aftronomie pût en recueillir l'utilité. Halley ne fera plus lorfqu'on fuivra fa méthode, lorfque les connoiffances humaines s'étendront par fes vues. Mais il peut jouir d'avance de fa gloire, il voit qu'il vivra dans la mémoire & dans la reconnoiffance des hommes. Ce paffage de Vénus, long-tems attendu, excitera l'attention de tous les obfervateurs ; il ne peut arriver fans renouveler le fouvenir de Halley : fon nom fera répété dans chaque partie du monde ; & fi les hommes ne font pas ingrats, quand ils auront déterminé la diftance du foleil à la terre, cette diftance qui eft la mefure de toutes les autres, ils diront de fiecle en fiecle, c'eft au génie de Halley que nous devons cette connoiffance.

§. X.

L'OUVRAGE où le jeune Halley rendoit un pareil fervice à l'aftronomie, étoit, comme nous l'avons dit, l'ouvrage d'un homme mûr. Il revint depuis fur cette invention, pour lui donner de nouveaux avantages, pour rendre encore les effets de la parallaxe plus fenfibles, & fa détermination plus certaine (*b*). Si dans la plupart des lieux de la furface de la terre la durée du paffage differe de celle qui feroit obfervée du centre, en obfervant dans un feul lieu, on ne peut apprécier

(*a*) Catalogue des étoiles auftrales.

(*b*) Tranf. phil. 1691, n°. 193; 1716, n°. 348.

l'effet de la parallaxe, qu'en calculant sur les Tables les circonstaces du phénomène, vu du centre de la terre, pour les comparer à celles qui ont été observées. Les Tables les mieux fondées, les plus exactes, sont toujours des suppositions plus ou moins proches de la nature, mais ce n'est pas elle. Les observations sont des faits qu'elle a fournis ; il vaut donc mieux comparer les observations entr'elles, il ne s'agit pour cela que d'observer dans deux lieux différens. On pourroit en choisir un où les astres fussent assez élevés sur l'horizon, assez près du zenith pour n'avoir presque plus de parallaxe sensible, & un autre lieu où ces astres, le plus près de l'horizon, sans atteindre aux vapeurs grossieres, se trouvassent assez bas pour avoir leur parallaxe dans son entier. Alors les apparences seroient les plus différentes; on auroit un phénomène qui seroit le plus altéré par la parallaxe, & un autre qui ne le seroit presque point, & qui paroîtroit à peu près tel qu'il seroit vu du centre de la terre. Mais on peut tirer encore un plus grand parti de cette observation & de cette méthode, on peut doubler l'effet de la parallaxe, en observant dans deux hémispheres de la terre. La parallaxe éloigne les astres du zenith: si l'on choisit deux lieux du globe dont les zeniths soient les plus éloignés possibles, deux observateurs observant à la fois le soleil, qui descend sur un horizon & qui s'éleve sur l'autre, voyent son disque dans un sens contraire ; ce qu'un observateur voit en haut, l'autre le voit en bas. Il s'ensuit que, comme la parallaxe tend toujours à porter Vénus vers le bord inférieur du Soleil, elle doit déplacer cette planete en sens contraire à l'égard des deux observateurs : pour l'un la planete sera rapprochée du centre du Soleil, & la durée du passage allongée; pour l'autre la planete sera éloignée du centre, & sa durée accourcie, & les deux routes observées seront, l'une

au-deſſous, l'autre au-deſſus de la véritable. On aura donc réellement un effet double de celui qu'on auroit eu, ſi l'on avoit comparé une de ces routes obſervées à celle qui eſt vue du centre de la terre, & qui eſt la ſeule vraie (*a*). On n'a pas beſoin de ſuppoſer rien dans le calcul, tout eſt donné par les obſervations; les deux durées ſont inégales, elles ne peuvent l'être que par la parallaxe, & la parallaxe qui les rend égales, eſt la quantité que l'on cherche. Halley annonça que ſi chaque durée pouvoit être ſaiſie dans la préciſion d'une ſeconde, on auroit la parallaxe du ſoleil à un cinq-centieme près; il reſſerroit peut-être un peu trop les limites des erreurs inévitables. Ce n'eſt pas encore le moment de dire juſqu'à quel point ſon attente a été remplie; mais les durées ſe trouvent aſſez inégales pour fonder une grande préciſion. En choiſiſſant les poſitions & les circonſtances les plus favorables, la différence peut aller à 25 minutes & plus (*b*). C'eſt par cette quantité très-remarquable de 25 minutes de tems que nous ſaiſiſſons la petite parallaxe ſolaire, qui échappe à toutes les autres méthodes. Que nous nous trompions de 10 ſecondes ſur la détermination de ce tems, il n'en réſultera qu'un cent-cinquantieme d'erreur ſur la parallaxe, c'eſt-à-dire, environ un quinzieme de ſeconde, ſi cette parallaxe eſt ſuppoſée de 10 ſecondes. Il ne faut point, en comparant la médiocre étendue de nos inſtrumens avec la grandeur des eſpaces céleſtes, demander comment nous pouvons nous aſſurer ſur ces inſtrumens d'une ſeconde & de ſes fractions. Ce que nous appelons une ſeconde, la douze cent

(*a*) Soit (*fig.* 23) NX l'horizon d'un lieu & Z ſon zénith, ſoit *cd* la véritable route de Vénus, telle qu'elle eſt vue du centre de la terre, la parallaxe abaiſſant cette route vers l'horizon, elle deviendra *ab*; ſoit un autre lieu dont l'horizon ſoit ON, & le zenith P, la parallaxe abaiſſant la route *cd*, qui deviendra *ef*, les deux paſſages ſeront différemment altérés, le premier ſera accourci, le ſecond allongé par la parallaxe.

(*b*) M. de la Lande, *Aſtron.* art. 2115.

quatre-

quatre-vingt-feize millieme partie de la circonférence d'un cercle eft un efpace infenfible dans le ciel, même quand cet efpace eft étendu par le groffiffement de nos lunettes, & mefuré fur nos plus grands inftrumens. On a vu (*a*) que la parallaxe de Mars, eftimée d'environ 25 fecondes, ne s'étoit point manifeftée d'une maniere certaine par les obfervations. Mais cet efpace d'une feconde, qui n'eft rien dans le ciel pour notre vue, peut s'augmenter & fe rendre fenfible par fes effets; c'eft au génie de l'homme à en prévoir les occafions. On peut applaudir à l'efprit humain qui s'eft affujetti l'univers; aucune chofe ne lui échappe & de ce qui eft infiniment grand & de ce qui eft infiniment petit! Les extrémités de la nature ne nous étonnent pas, nous avons trouvé l'art de l'oppofer à elle-même dans fes excès. La lumiere fe meut avec une vîteffe prefque infinie, elle paroît inftantanée, l'homme fe tranfporte aux deux extrémités de fon orbe, & ce tems, infiniment petit, eft forcé de fe dévoiler par un efpace infiniment grand. Les parallaxes du Soleil & de Vénus, font d'une petiteffe qui fe refufe au tact des inftrumens, l'homme attend que la nature ait amené elle-même Vénus fur le Soleil; la planete parcourt avec lenteur fa route altérée par ces parallaxes, & l'efpace que la vue ne peut diftinguer, eft mefuré par un tems fenfible.

§. XI.

DEPUIS que les aftronômes étoient plus attentifs, les cometes devenoient plus fréquentes. On en avoit vu paroître fucceffivement en 1652, 1661, 1664, 1665, & ces cometes avoient occupé D. Caffini, Auzout & Hévelius. Tant d'apparitions répétées fourniffoient de nouveaux faits fur le mouvement

(*a*) *Suprà*, page 367.

des cometes, & donnoient lieu à de nouvelles méditations sur leur nature. D. Cassini en observa deux autres, l'une en 1672, & l'autre en 1677; la premiere étoit petite & foible, mais elle lui fournit une remarque singuliere, c'est que sa route étoit à-peu-près semblable à celle de la comete de l'an 1665, & à celle d'une autre comete observée par Tycho en 1577. Cette conformité lui donna lieu de croire que les cometes n'étoient pas destinées à fréquenter toutes les régions du ciel, & qu'elles pouvoient être assujetties à un chemin tracé, à un zodiaque comme les planettes. La comete qui parut en 1677 confirma cette pensée; elle parcourut encore les mêmes constellations (*a*). D. Cassini marqua donc une zône du ciel à-peu-près de la largeur du zodiaque; toutes les cometes observées jusqu'alors y avoient été renfermées, & il attendit les cometes futures, pour décider si elles pouvoient s'en écarter (*b*). L'existence de ce zodiaque ne s'est point vérifiée, mais aussi cette idée ne fut-elle qu'un soupçon. D. Cassini étoit trop sage pour rien affirmer légérement; il notoit avec soin les ressemblances, parce que c'est par elles que se dévoile la marche constante des phénomènes. Le hasard n'a point de regle, & quand les choses arrivent de la même maniere, on soupçonne que des effets pareils découlent des mêmes loix. Cette comete donna encore d'autres idées à Cassini, il remarquoit qu'il en avoit paru une en 1572, une autre en 1772 à cent ans de distance; qu'il en avoit paru une en 1577, aussi à cent ans de distance de celle qu'il observoit alors: il soupçonna que ces quatre cometes n'en faisoient peut-être que deux; & il ne douta plus que ces astres ne

(*a*) Réflexions sur la comete, présentées au Roi, p. XVI.

(*b*) Dominique Cassini a renfermé dans deux vers latins les noms des constellations qui se trouvoient dans ce zodiaque.

Antinoüs, Pegasusque, Andromeda, Taurus, Orion,
Procyon, atque Hydrus, Centaurus, Scorpios, Arcus.

(Observ. de la comete de 1681, p. 21.

fussent durables, enchaînés par des révolutions périodiques, qui nous les ramenent après de grands intervalles. Il ne fit que confirmer une idée de sa jeunesse, une idée qui avoit une base dans l'antiquité, & chez ces anciens Chaldéens dont Apollonius Mindien a conservé les opinions. Mais nous devons avouer qu'en 1677 cette idée parut encore extraordinaire *(a)*.
» Il semble, dit M. de Fontenelle, qu'on est assez porté à favo-
» riser un systême qui assujetrit à la régularité de tous les autres
» corps célestes, ces astres qui paroissoient étrangers dans l'uni-
» vers, & au-dessus de toutes les regles; mais cette pensée,
» quoique vraisemblable, est hardie, & a besoin que quelques
» siecles la mûrissent *(b)*.

§. XII.

Peu de tems après, & à la fin de l'année 1680, parut la plus belle comete qui eût jamais été observée. Le 20 Décembre à Londres, peu après le coucher du soleil, & le 22 Décembre à Paris, on apperçut vers le couchant une lumiere extraordinaire qui ressembloit à un arc-en-ciel, tel que la lune en produit quelquefois. Cette lumiere partoit de l'horizon, étoit fort allongée, & traversoit plusieurs constellations. Flamsteed & D. Cassini reconnurent la queue d'une comete, dont la tête étoit près du soleil & cachée avec lui sous l'horizon. Cette tête se dégagea bientôt des rayons solaires, & parut peu de jours après, avec une grandeur presque égale à celle de la planete de Jupiter, & avec cette queue énorme qui remplissoit une partie du ciel. La comete se montra pendant plus de

(a) En 1702 on étoit encore si peu certain que les cometes fussent des planetes, & qu'elles eussent des retours, que D. Cassini n'osoit en faire une regle générale. Il pensoit que toutes les cometes n'étoient pas des planetes. *Hist. Acad. Scien.* 1702, p. 69.

(b) Hist. Acad. Scien. Tom. I, p. 155, *Voy.* aussi 1699, Hist. p. 72.

cinq mois, elle attira l'attention du vulgaire comme des aſtronômes; il y a lieu de croire qu'elle a renouvelé les anciennes terreurs, car on ne propoſe des remedes que pour les maux ſubſiſtans : elle donna lieu au ſavant ouvrage de Bayle. Il combat la ſuperſtition avec une logique preſſante & victorieuſe; mais ſi cette comete fit renaître les craintes ſuperſtitieuſes, elle en fut le terme dans l'Europe éclairée. Caſſini étoit perſuadé, il avançoit que les cometes étoient des aſtres durables, Newton & Halley le démontrerent. Il ne fut plus permis de redouter ces aſtres, qui, comme nous, ſuivent leur vocation, rempliſſent leur deſtinée. Ce ſont des paſſagers que nous rencontrons, qui achevent, comme nous, leur voyage pour le recommencer; nous peuplons avec eux l'univers, nous ſommes des habitans ſoumis aux mêmes loix, mais indépendans les uns des autres.

§. XIII.

Dès le mois de Novembre 1680, on avoit obſervé en Italie & en Allemagne une comete que quelques aſtronômes jugerent la même que celle qui fut vue en Angleterre & en France au mois de Décembre; D. Caſſini ſoutenoit qu'elle étoit différente (*a*) : la queſtion n'a pu être pleinement réſolue que lorſque le ſecret du mouvement de ces aſtres a été dévoilé par Newton. Si Caſſini ſe trompoit, c'étoit une ſuite de la théorie qu'il avoit adoptée. Le cercle qu'il aſſignoit aux cometes

(*a*) Réflexions préſentées au Roi ſur la comete de 1680, p. VI.

La théorie de Newton, appliquée à cette comete, repréſentoit mal les obſervations d'Italie, mais c'eſt qu'elles étoient très-défectueuſes. Celles que Kirck fit en Saxe furent publiées en allemand, & long-tems inconnues en France. Quand elles furent traduites, elles s'accorderent ſi bien avec la théorie & les mouvemens de la comete obſervée juſqu'en 1681, que les diſputes furent terminées. (M. le Monnier, *Théor. des com.*, p. 80).

Tranſ. phil. 1715, N°. 342.

étoit si grand, que dans la petite partie qui est visible pour nous, elles paroissent se mouvoir en ligne droite. Cette hypothèse differe peu de celle de Kepler (*a*). Cependant Hévélius avoit annoncé une déflexion & une courbure dans leur route: il avoit remarqué que cette déflexion est toujours dans la partie de l'orbite la plus voisine du soleil; c'est là que la route se courbe. Sans anticiper sur les découvertes futures dont nous rendrons compte, nous pouvons dire d'avance que la courbure sensible de l'orbe des cometes est dans la proximité du soleil. Elles s'avancent vers cet astre, elles s'en éloignent par des lignes presque droites, mais dirigées en sens contraires; la comete, après avoir passé près du soleil, semble revenir sur ses pas. Ceux qui supposoient que son orbite étoit une ligne droite devoient en effet, à son arrivée & à son retour, la prendre pour deux cometes différentes. On voit en même tems pourquoi Auzout & Cassini, partis d'une hypothèse fausse, ont pu, après quelques jours d'observation d'une comete, annoncer les lieux du ciel où on devoit la voir les jours suivans, pourquoi ils ont souvent assez bien représenté toutes les circonstances de son apparition; c'est que cette hypothèse, quant aux apparences, differe peu de la vérité. La route ne s'infléchit qu'aux environs du soleil, où la comete est rarement visible. Hors de là la courbure s'évanouit, & l'astronôme ne paroît pas se tromper, en assujettissant la comete à suivre une ligne droite. Rien n'est plus dangereux que ces erreurs qui ont l'apparence de la vérité; elles sont faites pour être durables. Cassini, Auzout en France, le chevalier Wren (*b*) en Angleterre,

(*a*) *Suprà*, p. 121.

(*b*) *Gregori Astr. geom.*, Tom. II, p. 634. Nous transcrivons ici un passage de l'histoire des mathématiques, où sont détaillées plusieurs inventions & plusieurs idées attribuées au chevalier Wren. C'étoit un homme de génie, célebre comme grand architecte & comme habile mécanicien. Ce sont des instrumens nouveaux, plus subtilement divisés, ou plus commodément suspendus

faisoient les mêmes suppositions, suivoient la même méthode; & si l'on n'avoit eu que les observations astronomiques pour se déterminer, si par une suite nécessaire la théorie des cometes n'avoit été liée au système de l'univers, nous n'aurions peut-être pas été plus loin, les cometes se mouvroient encore pour nous dans des lignes droites, & la petite différence des effets supposés aux effets vrais, eût long-tems caché la différence de la marche réelle de ces astres à leur marche présumée. D. Cassini compara les mouvemens de cette comete de 1680 à ceux de la comete de 1577 observée par Tycho, & il pensa que ce pouvoit être la même comete qui reparoissoit au bout de 103 ans. Les augmentations & les diminutions de vîtesse avoient été les mêmes, & seulement en différens degrés du zodiaque; mais les planetes, & particulierement la lune sont dans le même cas. Le point de son périgée où elle se meut le plus vîte, s'avance dans le zodiaque, & le parcourt en moins de neuf années. Il en pouvoit être de même des cometes, leur périgée pouvoit se mouvoir. Cassini se trompoit en ce qu'il comparoit les mouvemens vus de la terre. Or il est aisé de concevoir que deux cometes peuvent être tellement placées dans le ciel, & à des distances de la terre qui soient telles, que des mouvemens très différens en eux-mêmes, paroissent égaux & semblables. Les stations & les rétrogradations des planetes nous ont

---

que les autres; diverses additions faites au micrometre; des observations suivies sur Saturne & son anneau, avec une théorie des apparences de cette planete, écrite, dit-on, avant que celle d'Huygens eût vu le jour; ce qui semble dire que M. Wren se rencontra avec Huygens dans l'heureuse explication que celui-ci a donnée de ces apparences. On ajoute à cela une sélénographie complette, & un globe lunaire représentant avec tant de vérité les cavités & les éminences de la lune, que lorsqu'il étoit éclairé & regardé de la maniere convenable, on croyoit voir cette planete telle que la montre le télescope; une théorie de la libration de la lune; des essais pour déterminer la parallaxe annuelle des fixes; la méthode de calculer les éclipses de soleil par la projection de l'ombre de la lune sur le disque de la terre; méthode que le chevalier Wren, dit l'auteur de sa vie, avoit imaginée dès l'an 1660. *Hist. des Math.* T. II, p. 528.

appris que nous ne voyons de la terre que des apparences : on ſe trompe en comparant des illuſions, on ne peut aſſeoir un rapport que ſur des vérités; & cette vérité, ces rapports des mouvemens n'ont lieu que pour le ſoleil qui en eſt le centre.

§. XIV.

Il falloit découvrir la diſtance de cette comete; on jugea d'abord qu'elle étoit plus éloignée que la lune, parce que ſa vîteſſe étoit moindre. Une conſidération fit connoître qu'elle étoit même plus éloignée que le ſoleil. Au moment où elle fut obſervée pour la premiere fois, elle étoit à 22½ degrés de diſtance de cet aſtre; cependant ſon diſque, conſidéré avec les plus forts inſtrumens, parut rond & entiérement éclairé : à cette proximité la lune ſe montre ſous la forme d'un croiſſant; la comete eſt donc plus loin que la lune. La queſtion ſera plus complettement réſolue, ſi nous examinons les apparences de Vénus aux tems de ſes deux conjonctions avec le Soleil. Dans l'une, dans la conjonction inférieure, elle eſt en-deçà de cet aſtre, elle a la forme d'un croiſſant; dans l'autre, dans la conjonction ſupérieure elle eſt au-delà, & ſon diſque paroît à-peu-près plein. C'eſt donc une loi néceſſaire, que tout aſtre éclairé par le ſoleil, lorſqu'il eſt vu de la terre, près de ſa conjonction, doit paroître plein, ou à-peu-près, ſi par la diſtance il eſt au-delà du ſoleil, & avec la phaſe du croiſſant, s'il eſt en-deçà. Or le diſque entier de la comete étoit éclairé; elle étoit donc plus éloignée de nous que le ſoleil. Cette preuve ſeroit ſans réplique aujourd'hui, mais dans ce tems où la nature des cometes, le centre & le ſens de leur mouvement étoient incertains & problématiques, on pouvoit répondre qu'elles n'étoient pas éclairées du ſoleil. Il fallut donc chercher ſi cette grande comete avoit une parallaxe; Caſſini & Picard

s'en occuperent, & multiplierent les opérations délicates. Caſſini employoit la même méthode que pour la parallaxe de Mars. L'un & l'autre s'aſſurerent que la parallaxe étoit ſenſible, mais petite, & que la comete étoit au moins vingt-cinq fois plus éloignée que la lune (*a*).

En 1682, au milieu des réjouiſſances publiques pour la naiſſance de M. le Duc de Bourgogne, il parut une comete dans la conſtellation de l'Ourſe (*b*). Picard remarqua que dans des circonſtances ſemblables de réjouiſſances faites à Prague, il avoit paru en 1607, auſſi dans la conſtellation de l'Ourſe, une comete qui fut obſervée par Kepler. Celle-ci ne parut qu'un mois; mais toutes deux devoient offrir des conformités plus curieuſes & plus utiles : ce ſont elles qui ont réſolu une grande queſtion. La comete éclatante de 1680, remarquable par la longueur de ſa queue, par la durée de ſon apparition, a produit plus de travaux qu'elle n'éclaircit de doutes. Cette petite comete, qui parut peu de tems & ſans bruit, eſt venue nous inſtruire; elle a fait juger le procès des cometes, & elle a conduit le génie de Halley pour dévoiler entiérement leur nature (*c*).

Il ſemble que l'on fut tenté alors de regarder les cometes comme des ſatellites de la terre, car M. de Fontenelle obſerve que *ſi celle-ci appartient au même ſyſtême que la lune* (*d*), elle ne peut être que fort au deſſus. D. Caſſini conſidérant l'intervalle immenſe, qui ſépare le cercle de la lune & l'orbe de

(*a*) Caſſini, *Obſerv. de la comete de* 1680, p. 37.
Mémoires de l'Acad. des Scien. Tom. I, p. 217.

(*b*) Hévélius a obſervé que du noyau de cette comete il ſortoit un rayon courbe, qui ne ſe confondoit pas avec la queue, & dont il a donné la figure dans les *Tranſac. philoſoph.* 1683, N°. 143. On n'a rien vu de ſemblable en 1759.

(*c*) Voy. *Infrà*, Liv. XIV.

(*d*) Mém. de l'Acad. des Scien. Tom. I, pag. 217.
Voy. auſſi 1699, p. 37.

Vénus

Vénus, fit remarquer que la terre pouvoit avoir un second satellite infiniment plus éloigné que la lune, à une distance 64 fois plus grande, lequel, conformément à la loi de Kepler; auroit une révolution 312 fois plus longue, ou de près de 42 ans. Une cause physique, semblable à celle qui a lieu pour le cinquieme satellite de Saturne, pourroit nous cacher le plus souvent cette seconde lune, nous ne la verrions que dans une petite partie de son cours. *Mais enfin elle seroit visible*, dit M. de Fontenelle, *& elle n'auroit pas apparemment évité les regards de tant d'observateurs depuis quelques milliers d'années* (*a*). D. Cassini pensoit peut-être qu'on l'avoit vue & qu'on l'avoit prise pour une comete. Les préjugés laissent des traces, même après qu'ils sont détruits : les cometes avoient si long-tems occupé l'atmosphere, & tenu leur place parmi les météores; elles avoient été sublunaires, tournant avec la terre, & faisant partie de sa sphere. Lorsqu'on les fit sortir de l'atmosphere pour les reléguer fort au-delà de notre lune, on regrettoit de perdre tout empire sur elles, & on penchoit à les garder dans notre systême.

§. XV.

D. CASSINI & Roëmer firent en 1677 une observation curieuse (*b*). Les satellites de Jupiter ne sont visibles que par les lunettes, ils ne se montrent que comme des points brillans; aucun télescope n'a pu encore faire appercevoir l'étendue & la rondeur de leur disque. On avoit vu des taches sur le Soleil, sur les planetes de Jupiter, de Mars, de Saturne, de Vénus, on en avoit cru voir même sur les cometes (*c*); la disparition

(*a*) Mémoires de l'Acad. des Sciences, Tom. I, p. 217.

(*b*) *Ibid.* p. 173.

(*c*) *Suprà*, p. 241.

du cinquieme ſatellite en fait légitimement ſuppoſer de très-grandes à ſa ſurface. Mais les taches ſuppoſées dans ce ſatellite, on les imagine, l'eſprit les voit par leurs effets, l'œil ne les voit pas. Il ne s'agiſſoit plus, pour nous étonner nous-mêmes de notre induſtrie, que de découvrir & de voir des taches ſur les globes imperceptibles des ſatellites de Jupiter. Les taches ſont les détails d'une ſurface, il eſt aſſez étrange de diſtinguer les détails des choſes dont l'enſemble échappe à la vue par la petiteſſe; c'eſt cependant ce qui eſt arrivé. Lorſque les ſatellites de Jupiter paſſent devant lui & ſur ſon diſque, leur lumiere ſe confond avec la ſienne, & ils diſparoiſſent. Dominique Caſſini avoit remarqué dès 1665 (*a*) l'ombre qu'ils jettent ſur la planete, ombre qui entre avant ou après eux ſur le diſque, & qui y fait la même route. Les parties de ce globe s'éclipſent, comme celles de la terre, ſucceſſivement, l'ombre eſt mobile comme celle de la lune. C'étoit beaucoup d'avoir apperçu cette ombre, & les éclipſes de ſoleil qui arrivent ſur ce globe ſi éloigné de nous. D. Caſſini avoit tellement approfondi la théorie de ces mouvemens, que l'on pouvoit toujours calculer non ſeulement l'inſtant où les ſatellites entrent ſur le diſque & en ſortent, mais encore les inſtans différens de l'entrée & de la ſortie de leur ombre. On pouvoit donc ſe rendre compte de tout ce qui concerne ces paſſages. On vit en 1677 ſur le diſque de Jupiter une tache ronde & mobile, qui n'étoit point l'ombre d'aucun ſatellite, & qui avoit la même vîteſſe que le quatrieme, qu'on ſavoit être ſur le diſque. Il parut évident que la tache étoit dans le ſatellite même & ſur ſon globe, on en fut convaincu, lorſque la tache parvenue au bord de Jupiter, diſparut au moment de ſa ſortie, & que le ſatellite

(*a*) Maraldi, *Mém. Acad. Scien.* 1714.

quittant le fond lumineux de la planete, se fit voir aussi-tôt. Cette sortie instantanée de la tache & du satellite, la disparition de l'un & l'apparition subite de l'autre démontrent que la tache & le satellite ne faisoient qu'un même objet. Cette découverte est peut-être une des plus singulieres de celles qui ont été permises à la sagacité humaine. On demandera comment il est possible que ces taches, qui doivent être très petites sur une si petite surface, deviennent cependant sensibles lorsqu'elles se rencontrent sur le disque de Jupiter. Nous imaginons que relativement au peu d'étendue de l'espace, la lumiere du satellite est trop vive pour laisser distinguer ces taches de son globe. Sans doute on ne distingueroit pas les taches du Soleil, si le verre noirci n'affoiblissoit pas sa lumiere; c'est ce qui arrive au satellite lorsqu'il entre sur Jupiter : ce n'est pas que l'éclat de la planete soit plus grand que le sien, la mais masse de lumiere est plus considérable, elle éteint celle du satellite, ou du moins elle la diminue, assez pour que le peu de rayons renvoyés par la tache ne soient plus effacés, & parviennent librement à notre organe.

§. XVI.

Ce phénomène a été constaté par des observations répétées (*a*). L'apparence des satellites est diminuée par ces taches, & ils nous paroissent plus petits qu'ils ne sont réellement ; c'est pour cette raison que l'ombre du quatrieme paroît quelque

(*a*) D. Cassini a vu depuis une semblable tache sur le disque du troisieme satellite : *Mém. Acad. Scien.* T. II, p. 141. Maraldi en vit une sur le quatrieme en 1713 : *ibid.* ann. 1714, p. 26. Pound en a vu en 1719, *Transf. phil.* 1718, N°. 359. M. Messier en 1760 : *ibid. Transf.* 1769. Pound remarque qu'il a quelquefois distingué le premier & le second satellite après leur entrée sur le disque, ayant une lumière un peu différente de celle de Jupiter. Mais lorsqu'ils s'avançoient vers le milieu, on ne pouvoit plus les voir ; ce qui prouve ce que la théorie enseigne, que la lumiere d'un disque a plus d'intensité vers le centre que sur les bords : *Transf.* 1718.

fois plus grande que le satellite même ; du moins autant qu'on en peut juger par la comparaison de deux objets qu'on n'a pas ensemble sous les yeux, & qu'on ne voit que successivement. Ces taches ne sont pas toujours observées dans les passages des satellites ; D. Cassini en conclut avec raison que leurs globes pourroient avoir un mouvement de rotation sur leur axe, qui nous expose tantôt un hémisphere chargé de taches, tantôt un hémisphere entierement lumineux, ou du moins sans taches apparentes (*a*). Mais Maraldi fit en 1713 une remarque trop importante pour n'en pas faire mention. Les taches que Dominique Cassini avoit observées en 1665 & 1677, étoient toutes deux sur le quatrieme satellite. Les deux observations ont été faites après un intervalle de douze ans, qui est celui de la révolution de Jupiter. Maraldi revit encore une tache sur ce même satellite en 1713, après trois révolutions de Jupiter : il sembleroit donc que la vue de ces taches seroit dépendante du mouvement de la planete dans son orbite, & il est aisé de sentir comment cela peut arriver. Supposons que la rotation du quatrieme satellite, conformément à celle de la Lune & du cinquieme satellite de Saturne soit précisément égale à la révolution périodique de ce satellite autour de Jupiter, il lui présentera toujours, comme la Lune à nous, la même face. En même tems dans le cours de sa révolution, il développera ses différens aspects au Soleil & à nous qui le voyons à peu près comme le Soleil ; ces aspects seront toujours les mêmes dans les mêmes points de son orbite. Considérons maintenant les circonstances du passage des satellites sur le disque de Jupiter ; ces passages ont lieu lorsque les satellites se trouvent dans la ligne menée de Jupiter à la Terre, mais pendant que le satellite

(*a*) Mém. de l'Acad. des Scien. T. I, p. 174.

marche dans son orbite, cette ligne marche aussi, à cause du mouvement de Jupiter. Quand le satellite a passé sur le disque étant dans un point de son orbite, il ne suffit pas, pour y repasser, qu'il ait accompli sa révolution, & qu'il soit revenu au même point; il faut qu'il fasse encore tout le chemin que Jupiter a fait dans l'intervalle; & lorsqu'il repassera une seconde fois sur le disque, il ne sera plus dans le même point, il n'aura plus pour nous précisément le même aspect, ces différences s'accumuleront avec les révolutions du satellite, les aspects changeront d'autant plus, nous verrons successivement le globe entier, & les mêmes aspects n'auront lieu qu'après une révolution de Jupiter. Ces taches peuvent donc redevenir visibles après douze ans, pourvu qu'on suppose que le satellite a une rotation égale à sa révolution autour de Jupiter. Il seroit donc utile de suivre tous ces passages, & d'en examiner les circonstances relativement à ces taches visibles. Cette recherche seroit d'autant plus curieuse, qu'en ajoutant un phénomène de plus à nos connoissances astronomiques, elle nous conduiroit à une loi générale pour la rotation des planetes secondaires, qui seroit toujours égale à leur révolution périodique. En parcourant les travaux des différens siecles, on trouve souvent des observations qui ont été abandonnées, & des vues qui n'ont pas été suivies. L'histoire de l'astronomie expose devant nous le tableau des connoissances humaines & de leurs progrès; elle a encore l'avantage de nous ramener sur nos pas aux sources des découvertes, & de nous remettre sur la voie de celles qui ont pu être négligées.

§. XVII.

Hévélius, qui dans sa longue pratique de l'astronomie avoit reconnu les imperfections du Catalogue des étoiles de

Tycho, ſentoit la néceſſité d'en établir un autre ſur de meilleures obſervations. Les étoiles, qui ſont l'armée du ciel, ont des cohortes ſi nombreuſes, qu'il étoit effrayé de l'entrepriſe (*a*). Jadis on avoit eu peine à les compter, le deſſein de les obſerver les unes après les autres annonçoit un travail long & pénible; Hévélius craignoit que ſa vie n'y ſuffît pas, il acheva cependant: il vint à bout d'une entrepriſe, qui avant lui n'avoit été remplie dans ſon entier que par Hypparque & par Tycho, & ce travail le plaçoit à leur rang. Il publia en 1673 la premiere partie de ſon grand ouvrage, intitulé *Machina cæleſtis;* où il expoſe les moyens qu'il a employés. C'eſt une hiſtoire des progrès de la ſcience, un détail des inſtrumens anciens & de leurs uſages, enſuite une deſcription des ſiens. Il explique la conſtruction des téleſcopes, celui dont il s'eſt ſervi, conſtruit par Buratini, avoit cent quarante pieds de longueur. Hévélius décrit la machine qui en rendoit l'uſage auſſi facile que celui d'une lunette de vingt pieds. Mais on peut voir par les détails & les planches de l'ouvrage que cette facilité étoit le fruit d'une grande dépenſe. Il falloit beaucoup de ſecours, de ſoins & d'embarras pour aider l'obſervateur, qui avoit beſoin d'être riche comme Hévélius. Il falloit encore obſerver en plein air; & tant de difficultés devoient reſtreindre à des cas très-rares l'uſage de cette machine compliquée.

La ſeconde partie de cet ouvrage parut en 1679; elle renferme toutes les obſervations de ce laborieux aſtronôme pendant quarante-trois années (*b*), & particuliérement les obſervations

(*a*) Hévélius, *Machina cæleſtis*, Tom. I, pref. p. 60.

(*b*) Hévélius a donné en 1685 la ſuite de ſes obſervations dans un ouvrage intitulé *annus climatericus*, parce qu'en effet cette année étoit la grande année climatérique, la quarante-neuvieme de ſes obſervations commencées en 1636. Il mourut peu de tems après & en 1687, âgé de ſoixante-ſeize ans.

d'où il a déduit ses positions des étoiles, dont le Catalogue ne parut qu'après sa mort (*a*). Cette seconde partie est devenue très-rare, parce que l'édition presque entiere a péri dans un violent incendie, qui consuma le 26 Septembre de cette même année 1679 la maison, les instrumens & les livres d'Hévélius. La perte des biens est sensible à tous les hommes (*b*), mais les livres, les papiers, semblent des richesses plus chères, en raison de ce que la gloire est préférable à la fortune. Les livres sont encore des amis qui ne nous abandonnent jamais, & qui souvent nous consolent. Il faut s'être livré au desir d'acquérir des connoissances, pour se figurer le desespoir d'un homme qui perd la bibliothèque qu'il a consultée, les instrumens qui ont aidé ses recherches, & qui voit dévorer par les flammes les compagnons de ses travaux passés, & l'espérance de ses travaux futurs.

Le Catalogue des étoiles d'Hévélius est intitulé *Firmamentum Sobieskianum*, le ciel de Sobieski; il est ainsi dédié à un homme célebre, à un Roi (*c*) qui avoit réellement fait de grandes choses. Hévélius, pour immortaliser plus sûrement ce héros de sa patrie, forma entre Antinoüs & le serpentaire une constellation qu'il nomma l'*Ecu de Sobieski*. C'étoit le bouclier de la foi que ce prince avoit défendue contre les ennemis de la religion (*d*). Le nom d'Hévélius, celui de Sobieski, ont fait conserver cette constellation; elle est demeurée dans le ciel,

(*a*) Ce catalogue contient quinze cent cinquante étoiles. Hévélius ajouta plusieurs constellations aux anciennes, savoir, le Monoceros ou la Licorne, le Caméléopard ou la Giraffe, le Sextant d'Uranie, les Chiens de chasse, le petit Lion, le Linx, le Renard, l'Ecu de Sobieski, le Lezard, le petit Triangle & le Cerbere. Elles sont marquées en lignes ponctuées sur les planispheres de notre premier volume.

(*b*) Weidler, p. 487, dit que cette perte d'Hévélius dans cet incendie, fut estimée à 30000 *impériales* dont nous ignorons la valeur.

(*c*) Jean Sobieski, Roi de Pologne, qui fit lever en 1683 le siege que les Turcs avoient établi devant Vienne.

(*d*) *Firmamentum Sobiesk.* p. 115.

quoique ces hommages nationaux ſoient des plantes locales, qui vivent peu quand elles ſont tranſplantées. L'aſtronôme, dans ce travail, a mieux réuſſi pour la gloire d'autrui que pour la ſienne. Ce Catalogue des étoiles ne remplit point l'objet qu'Hévélius avoit en vue : les poſitions données par Tycho étoient défectueuſes; celles-ci devoient être meilleures pour pouvoir les remplacer. Mais quoique Hévélius eût abſolument rejeté tous les inſtrumens de bois, & n'en eût conſtruit que de métal, d'une grandeur conſidérable, ſans épargner ni ſoins ni dépenſes, cependant il perdit le prix de ſes veilles & de ſon travail par ſon obſtination à ne pas vouloir appliquer des lunettes à ſes inſtrumens. Il conſerva les alidades & les pinnules, tandis que tous les aſtronômes employoient des inſtrumens à lunette (a). Il ne fut pas au niveau de ſon ſiecle; il vouloit ſurpaſſer le ſiecle précédent, & ne pouvoit avoir que le même degré d'exactitude. Son attente a été trompée, il comptoit élever à ſa gloire un monument ſolide; en laiſſant une deſcription du ciel, qui n'a de valeur & de durée que par l'exactitude, il ne fit rien de plus que Tycho. Ses déterminations qui n'avoient point ſuivi les progrès du tems, qui auroient été bonnes cent ans auparavant, étoient déjà vieilles, & furent preſque inutiles au moment de leur naiſſance.

§. XVIII.

Ce n'eſt pas qu'Hévélius ne fût un grand obſervateur, il

(a) Hévélius eut une grande diſcuſſion avec Hook ſur ce ſujet : il oppoſoit toujours l'exactitude de ſes obſervations; cette exactitude étoit une illuſion. Hévélius, avec ſon ſextant, avoit obſervé les diſtances de huit étoiles; & il trouvoit que la ſomme de ces diſtances étoit préciſément de trois cens ſoixante degrés. Mais Halley a remarqué que cet accord prouve que les obſervations n'étoient pas exactes; car les diſtances étant accourcies par la réfraction, il auroit dû trouver une quantité moindre que trois cent ſoixante degrés. (*Tranſac. philoſ.* 1721, N°. 368).

a rendu des ſervices eſſentiels à l'aſtronomie; nous avons détaillé ſes travaux avec la juſtice qui lui eſt due. Il a vu le ciel & ſuivi ſes phénomènes pendant cinquante années. La précieuſe collection d'inſtrumens qu'il s'étoit formée lui donne ſur les autres obſervateurs une ſupériorité inconteſtable dans les trente premieres années, mais dans les vingt dernieres où les méthodes, les inſtrumens avoient reçu des perfections qu'il n'adopta pas, il ne peut ſoutenir le parallèle des aſtronômes contemporains.

Les progrès rapides que l'aſtronomie fit à cette époque, & dans l'intervalle de vingt ans écoulés depuis 1667 juſqu'en 1687, ſont dûs à cette perfection des méthodes & des inſtrumens, & en même tems aux méditations, aux vues de pluſieurs hommes de génie ſur les cauſes & ſur les principes de la nature. La théorie & la pratique s'avançoient de front; les effets indiquerent les cauſes, les cauſes rendirent compte des effets: on marchoit à la clarté d'une double lumiere, on voyoit les faits, & à la fois on voyoit qu'ils devoient être ainſi. Quoique les faits ſoient toujours des vérités, nous devons nous défier de notre maniere de voir, qui eſt ſouvent trompeuſe; mais lorſque la méditation donne le même réſultat que l'expérience, nous avons deux témoins de la vérité, l'un hors de nous, l'autre en nous, l'obſervation & la raiſon.

§. XIX.

Le tems approchoit où la théorie alloit s'étendre, la découverte des loix de la chûte des corps devoit avoir des uſages nombreux, & produire des découvertes. Ce n'eſt pas qu'elle n'ait été conteſtée, ceux qui apportent des vérités ne ſont pas les mieux reçus parmi les hommes. Riccioli n'aimoit point les partiſans du mouvement de la terre, il avoit applaudi à la

condamnation de Galilée, & il cherchoit à le trouver en défaut sur l'accélération des graves. Il a répété avec un grand appareil, & devant un concours de savans assemblés, les expériences qui en ont montré la loi ; mais ses efforts n'ont servi qu'à la rendre plus certaine. Du haut d'une tour élevée de 280 pieds, il fit tomber des corps, & les espaces parcourus augmenterent comme Galilée l'avoit annoncé, suivant les nombres impairs; & furent depuis le commencement de la chûte, dans la raison du quarré des tems (*a*). L'expérience confirmoit donc la théorie, elle étoit d'accord avec la raison de Galilée, qui avoit enseigné que la force de la gravité est toujours agissante, que les corps en tombant reçoivent à chaque instant un égal degré de vîtesse; car il résulte de cette théorie que les espaces parcourus doivent croître comme les quarrés des tems. Voilà bien la loi de l'accélération, mais elle ne fait point connoître la force de la gravité à la surface de la terre. Cette force ne peut être appréciée que par ses effets ; il faut que l'expérience indique l'espace parcouru dans une seconde, en vertu de la pesanteur, la loi connue nous apprendra les espaces de la chûte dans tous les tems possibles. Riccioli trouva par ses expériences faites avec soin, & plusieurs fois répétées, que dans la premiere seconde les corps tombent de 15 pieds (*b*). Ils tombent donc de 60 pieds en deux secondes, de 135 pieds en trois secondes, &c.

§. XX.

Huygens confirma cette détermination d'une maniere ingénieuse, & par les propriétés de la cycloïde. La géométrie démontre que le tems de la chûte d'un corps le long d'un arc

(*a*) *Suprà*, p. 81.

(*b*) Ric. Almag. T. I, p. 90; T. II, p. 387.

cycloïdal, eſt au tems de la chûte le long de l'axe de la cycloïde, comme la circonférence du cercle eſt à ſon diametre. Le tems par un arc de la cycloïde eſt la durée de la vibration d'un pendule, l'axe de la cycloïde eſt la moitié de la longueur du pendule. Or le poids, attaché au pendule de trois pieds huit lignes & demie, faiſant une vibration en une ſeconde, il eſt aiſé de calculer qu'il employeroit dix-neuf tierces (a) & un dixieme pour tomber d'une hauteur égale à la moitié du pendule, c'eſt-à-dire, de 18 pouces 4 lignes & un quart; & puiſque les eſpaces de la chûte ſont comme les quarrés des tems, s'il tombe de 18 pouces 4 lignes un quart en 19 tierces & un dixieme, on trouve qu'en une ſeconde il tomberoit de 15 pieds un pouce. L'accord de ces deux déterminations donne un réſultat infiniment sûr; mais la détermination d'Huygens a beaucoup plus de préciſion que celle de Riccioli. On ne peut faire tomber les corps que de hauteurs très-petites, & qui ſont bientôt parcourues; l'eſpace peut être exactement meſuré, mais la moindre erreur ſur le tems altere ſenſiblement le réſultat; au lieu que les propriétés de la cycloïde étant rigoureuſement démontrées, l'expérience du pendule ne comporte aucune erreur ſenſible. On peut meſurer la longueur du pendule qui bat les ſecondes, avec autant de ſoin, de tems, & autant de fois qu'on veut: & cette longueur eſt déterminée par des obſervations aſtronomiques très-exactes; il faut que l'horloge, à laquelle ce pendule eſt appliqué, marque 24 heures ou 86400 ſecondes entre deux midis, entre deux paſſages conſécutifs du ſoleil au méridien. Quand on ſe tromperoit de quelques ſecondes ſur la durée de cet intervalle, l'erreur partagée à ce nombre de 86400 ſeroit bien légere; il s'en faudroit

(a) Soixante tierces font une ſeconde.

infiniment peu que le pendule ne battît précisément les secondes. On peut donc regarder comme une vérité rigoureusement constatée, que les corps, en tombant, parcourent quinze pieds un pouce dans la premiere seconde du tems de leur chûte.

§. XXI.

HUYGENS, dans ses méditations sur les horloges & sur l'application du pendule, ne considéra pas si long-tems le mouvement des corps qui oscillent suspendus à un centre par une verge inflexible, sans faire attention à cette force centrifuge née du mouvement circulaire, & inventée ou renouvelée par Descartes. Ce grand homme s'étoit contenté de l'indiquer. Huygens en donna la mesure & les loix ; il vit qu'elle est plus grande dans les cercles plus petits. Un corps mu circulairement tend toujours à s'échapper par la tangente (a) : dans les cercles d'un long rayon la courbure est dans un grand espace assez peu sensible, elle s'éloigne & differe infiniment peu de la ligne droite qui la touche, la tendance mesurée par cet écart ne peut être que légere ; dans les petits cercles, la courbure en moins d'espace est plus marquée, elle s'écarte plus promptement de la tangente ; l'effort qui tend à y porter le corps est donc plus grand. En même tems cette force centrifuge est d'autant plus considérable que les corps circulans ont plus de vîtesse (b) ; nous l'avons dit, un corps qui marche avec plus de vîtesse est capable de plus d'effort, est revêtu de plus de force (c) : telles sont les loix de la force centrifuge. Mais ce que ces méditations valurent à Huygens & à l'astronomie,

---

(a) Histoire de l'Astronomie moderne, *suprà*, p. 185.

(b) *Hugenii Opera*, p. 188.

(c) *Suprà*, p. 67.

c'eſt la découverte d'une nouvelle, d'une ſeconde force eſſentielle au mouvement circulaire, la force *centrale* ou *centripete.* Le mécaniſme de Deſcartes par la force centrifuge étoit deſtructeur ; des choſes qui tendent à ſe ſéparer, & qui cependant ſubſiſtent enſemble, ſont retenues par un lien ; Huygens découvrit ce lien qui aſſujettit un corps dans la voie courbe d'un cercle ; c'eſt la force qui tend au centre, force qui eſt toujours & préciſément égale à la force centrifuge. Quand vous lancez & faites tourner une pierre attachée à un fil, la pierre tire & tend le fil, vous ſentez l'effort qu'elle fait pour s'échapper, c'eſt l'effet de la force centrifuge. Mais le fil retient la pierre, il emploie donc un effort pour l'arrêter, un effort contraire à celui qui tend à l'éloigner ; cet effort c'eſt la force centripete, qui eſt dirigée vers la main où eſt le centre du mouvement & du cercle décrit. Cet effort eſt préciſément égal à celui de la force centrifuge : s'il étoit plus grand, le fil deviendroit lâche, & la pierre finiroit par tomber ſur la main ; s'il étoit plus foible, le fil romproit, comme on l'éprouve, lorſqu'on attache un poids trop fort à un fil de ſoie ou à un cheveu ; mais le fil eſt tendu, il ne rompt pas, les deux efforts ſont égaux ; les deux forces oppoſées, dont l'une tend ſans ceſſe à éloigner le corps du centre, & l'autre ſans ceſſe à l'y ramener, ſe balancent & ſe détruiſent. C'eſt par cette égalité & par cette compenſation que le corps eſt forcé de décrire un cercle ; il ne peut ni s'approcher, ni s'écarter du centre, & il conſume ſa vîteſſe dans la route circulaire qui lui conſerve toujours la même diſtance.

§. XXII.

Les loix de la chûte des graves, découvertes par Galilée, fournirent une meſure des vîteſſes dont nous croirions volon-

Huygens ne considéra la force centrifuge que dans les corps qui circulent retenus par des fils ; il appeloit force centrale la résistance du fil. La verité mathématique se montra isolée, il oublia la physique céleste : il ne considéra que le théorême de géométrie, & il ne vit point le principe de la nature.

§. XXIII.

TANDIS que Huygens se bornoit à un théorême de géométrie, Hook en Angleterre avoit des vues physiques & profondes qui manquerent du secours de la géométrie. Hook fut un homme de génie (*a*) ; ce qui caractérise particulierement cette faculté si rare de l'esprit, c'est un regard étendu qui apperçoit au loin les découvertes possibles, qui voit ce qui manque, & ce qu'il faut chercher. Hook s'occupa de tout ce qui pouvoit faire marcher l'astronomie : il fut observateur, il remarqua les taches de Jupiter & de Mars, & il soupçonna leur rotation, que D. Cassini a déterminée (*b*). On le verra tenter de mesurer la distance des étoiles à la terre (*c*). Il perfectionna l'optique, & son imagination s'enflammoit de l'idée des progrès qu'elle pouvoit faire. Il prétendit à l'application des lunettes aux quarts de cercles, mais dans son pays même il avoit été prévenu par son compatriote Gascoigne (*d*), & ni l'un ni l'autre n'avoient rien publié avant Picard & Auzout. Cependant la chaleur avec laquelle il défendit contre Hévélius cette application, qui se seroit elle-même défendue, pourroit faire penser qu'il y avoit quelque intérêt (*e*). Il proposa de faire mouvoir

(*a*) Hook est l'inventeur du ressort spiral qui sert à régler les montres ; invention aussi ingénieuse qu'utile. (*Hist. des Math.* T. II, p. 405.

(*b*) *Suprà*, p. 320.

(*c*) *Infrà*, Liv. XIV. Nous les réunirons aux recherches semblables de Flamsteed & de D. Cassini.

(*d*) *Suprà*, p. 269.

(*e*) Reflexions *on the first part of the Machina cœlestis*, &c. of Hévélius, ann. 1674.

le limbe des quarts de cercle par le moyen d'un rouage ; les mouvemens, les pas presque insensibles de ce limbe seroient comptés & mesurés sur un cadran (*a*). Il transportoit ainsi aux grands instrumens le mécanisme des micrometres, & cette idée auroit pu être utile, si depuis l'on n'avoit pas appliqué le micrômetre même à ces instrumens.

§. XXIV.

MAIS ce qui lui fait le plus d'honneur, ce sont ses idées sur le systême du monde, & sur la cause cachée des mouvemens célestes (*b*). Le systême que son génie s'étoit formé, les causes qu'il voyoit dans la nature sont établies sur trois principes très-simples. Le premier avoit été apperçu par Képler ; Galilée & Descartes, qui les premiers ont médité sur le mouvement ; c'est que les corps qui ont un mouvement simple continueroient à se mouvoir en ligne droite, si quelque force ne les en détournoit sans cesse, & ne les contraignoit à décrire un cercle, une ellipse, ou quelque courbe plus composée. On voit seulement dans cette exposition une généralité que n'avoient point les premiers apperçus de ce principe ; c'est l'effet du progrès des lumieres. A mesure que les faits s'amassent, les principes s'étendent & se généralisent. Dans la pensée de Tycho, un corps retiré sans cesse de la ligne droite, n'auroit jamais décrit qu'un cercle ; Képler l'auroit toujours vu suivre une ellipse ; Hook plus avancé, vivant dans un siecle où les géometres considéroient une infinité de courbes ne restreignit

(*a*) *Ibid.* p. 46. Weidler, p. 534. Il paroît qu'on avoit appliqué un mécanisme semblable aux instrumens dont Flamsteed s'est servi dans l'observatoire de Greenwich. Cet astronôme donne toujours les distances qu'il a observées, & par les transversales, & par les révolutions de la vis qui faisoit mouvoir le limbe.

(*b*) On dit que le chevalier Wren eut les mêmes idées que Hook sur la cause mécanique du mouvement des corps célestes, *Hist. des Math.* T. II, p. 468.

point

point au cercle & à l'ellipse les variétés & les phénomènes du mouvement composé, il entrevit sans doute qu'une courbe moins simple pouvoit naître de causes plus compliquées.

Le second principe est que tous les corps célestes, ont non seulement dans leur intérieur une attraction, une tendance de toutes les parties vers le centre, mais encore que cette tendance a lieu de corps à corps, & qu'ils s'attirent tous mutuellement, lorsqu'ils se rencontrent dans leur sphere d'activité. Cette idée, quant à l'attraction interne, étoit celle que Copernic avoit de la gravité; il a très-bien vu que cette gravité de toutes les parties vers le centre est la cause de la forme sphérique des corps célestes. Kepler reconnut l'attraction extérieure, il enseigne que cette attraction est réciproque, que les corps ont une sphere d'activité; il a osé dire qu'un caillou attiroit la terre, & que l'action de la terre s'étendoit jusqu'à la lune (*a*). Hook n'a donc rien vu de plus que ces deux grands hommes, mais il faut observer que ces principes sont ici purgés de toutes les absurdités dont la physique céleste étoit tachée au siecle de Kepler. Ces idées, en reparoissant dans le siecle de Hook, sortoient des lumieres naissantes, comme les substances qui ont été purifiées par le feu.

Hook montre par le troisieme principe que l'attraction est d'autant plus puissante que les corps sont plus voisins. Cette attraction diminuée par la distance, est précisément la vertu motrice de Kepler, laquelle, comme la lumiere, est affoiblie quand le corps est plus éloigné (*b*) On ne crée que rarement des idées nouvelles; il y a encore de la gloire à rappeler celles qui ont été proposées, & à les unir comme elles doivent l'être. D'ailleurs ces vérités ont été isolées pour Kepler & pour

(*a*) *Suprà*, T. I, p. 342; & T. II, p. 44. (*b*) *Suprà*, p. 56.

Copernic; ils n'en ont point fait, ils n'ont pu en faire l'emploi. Hook donne ces principes ſimples comme univerſels, il les regarde comme la baſe d'un ſyſtême général. Voilà ſelon nous, le pas qu'il a fait faire à la ſcience, & dans lequel il ſemble avoir prévenu Newton.

§. XXV.

Si ces vérités générales appartiennent au génie, les expériences fines & directes qui les confirment lui appartiennent également. Hook voulut ſe faire un petit exemple des grands phénomènes; il tenta d'exécuter & de répéter dans ſa chambre les mouvemens céleſtes. Il ſuſpendit une boule à un long fil, il la fit oſciller comme un pendule; puis l'ayant frappée latéralement, il remarqua qu'au lieu de décrire un arc de cercle dans le plan vertical, comme elle faiſoit auparavant, elle ſe mouvoit horizontalement, en décrivant une ellipſe, ou une courbe à-peu-près ſemblable autour de la ligne verticale. Voilà le tableau du ciel, l'extrémité de cette ligne verticale eſt le centre autour duquel les planetes décrivent des orbes elliptiques. Hook fit plus, au moyen d'un ſecond fil, il attacha une boule plus petite au fil de la premiere alors en repos dans la ligne verticale, il fit mouvoir la petite boule circulairement autour de cette ligne; cela fait, il mit la grande boule en mouvement, comme dans l'expérience précédente, mais ni l'une ni l'autre des deux boules ne décrivoit plus une ellipſe: le point qui marchoit dans l'ellipſe étoit un point moyen entre elles, & celui que les géometres appellent centre de gravité (*a*). On voit que ces deux boules unies ſont la terre & la lune atta-

(*a*) Hook, *an attempt to prove the motion of the Eart.* M. de Montucla, *Hiſt. des Mathémath.* T. II, p. 527.

chées enſemble, & il réſulte de cette expérience que ce n'eſt point la terre, mais le centre de peſanteur des deux planetes qui décrit une ellipſe autour du ſoleil (*a*). Ces expériences ſont auſſi intéreſſantes qu'ingénieuſes, elles jetoient un trait de lumiere ſur la phyſique céleſte. Mais on diſoit à Hook, ce n'eſt pas encore là tout-à-fait la nature, vos boules tournent à-peu-près dans une ellipſe, mais autour du centre de la courbe, & la nature a placé le ſoleil au foyer de l'ellipſe où circulent les planetes, la terre au foyer de l'ellipſe que ſuit la lune. Cette objection prouvoit que Kepler avoit enfin éclairé les eſprits, & que ſes idées avoient étendu leurs racines. Hook appercevoit bien que la gravité étant plus puiſſante, en raiſon de la proximité, devoit croître & décroître, ſuivant une certaine loi, il ſentoit que la connoiſſance de cette loi ſeroit utile, il propoſoit de la chercher. On lui demandoit à lui-même de déterminer quelle loi d'attraction forceroit un corps de décrire une ellipſe autour d'un autre corps placé à l'un des foyers. Ici le voile retomboit ſur la nature, on manquoit d'un organe pour l'interroger. Hook avoit le génie des vues & des expériences, mais l'inſtrument des progrès n'étoit pas dans ſa main. Hook ne poſſédoit pas aſſez la géométrie, & la géométrie même n'étoit pas aſſez avancée. Ce n'eſt pas que tous les eſprits ne fuſſent alors en mouvement ; le génie des ſciences inſpiroit particuliérement l'Angleterre. C'eſt le moment de ſa gloire, & il faut

(*a*) On peut toujours dire que la terre même décrit l'ellipſe autour du ſoleil ; car la terre étant environ ſoixante-dix fois plus peſante que la lune, & leur diſtance mutuelle étant de ſoixante demi-diametres terreſtres, il en réſulte, & des loix de la mécanique, que le centre commun de gravité eſt peu éloigné du centre, & dans le globe de la terre.

(*b*) Le centre de gravité ou de peſanteur eſt celui autour duquel des poids ſont en équilibre. Attachez deux poids aux extrémités d'une verge, ſi ces poids ſont égaux, le point de l'équilibre, le centre de gravité ſera dans le point du milieu. Si un des poids eſt plus peſant, le centre d'équilibre & de gravité ſera plus près de ce poids, & en proportion de ſon excès de peſanteur.

(*c*) Hiſtoire des Mathématiques, T. II, p. 466.

le dire, de sa gloire la plus haute, la profondeur des recherches décele la profondeur des esprits ! Les Anglois étoient sur la voie de la vérité, mais elle étoit encore éloignée, on avoit besoin de secours pour l'atteindre. Qui perfectionnera la géométrie, il faut rendre l'instrument plus aigu, plus pénétrant ? Qui embrassera tous les faits isolés de l'univers, pour les appeler & les placer dans leur ordre, pour arriver au sommet de la chaîne qui les unit ? Qui aura la vue de l'aigle que son vol éleve pour dominer les campagnes, & dont le regard perce les antres profonds ? Ici la supériorité de l'esprit doit être aidée par le travail ; il ne s'agit point de faire avancer la science d'un pas, il faut qu'elle en fasse à la fois une infinité. Tous ces pas exigeroient un grand nombre d'hommes associés pour un seul dessein, ayant le même zele & les mêmes vues, ce qui est difficile ; ou ce qui est encore plus rare, un homme seul qui compensât le nombre par le génie, qui trouvât la durée de la vie, & les forces humaines suffisantes pour tout exécuter à lui seul. Un tel homme n'a pu être qu'un bienfait unique de la nature ; il a cependant été donné ! On diroit que lassée de l'importunité des hommes pendant tant de siecles, de tant de secrets surpris depuis le renouvelement des sciences, la nature n'eût plus demandé qu'un interprète qui fût digne d'elle. Elle s'est enfin déterminée à répondre, à se dévoiler presque entiere, mais elle a produit & appelé Newton !





HISTOIRE
DE
L'ASTRONOMIE MODERNE.

LIVRE DOUZIEME.

De Newton.

§. PREMIER.

En parlant de Newton qui fut solitaire & modeste, qui ne chercha point à paroître, qui fit de grandes choses avec simplicité, il faut être simple comme lui, comme la nature qu'il a suivie. Cette simplicité qui le caractérise est la grandeur que son écrivain doit emprunter de lui. Une nouvelle astronomie va naître avec Newton, c'est l'astronomie physique, la science des causes d'où résultent les effets qui ont occupé les hommes pendant tant de siecles. Ce n'est pas que l'astronomie n'ait toujours été physique; la physique est la science de la nature, & tout ce qui existe, tout ce qui compose l'univers sensible, est compris dans cette vaste dénomination. Mais les notions générales ne se sont établies que par degrés; on a commencé

par tout circonſcrire pour pouvoir tout embraſſer en détail & par des diviſions. Les ſciences furent d'abord toutes iſolées, elles ſe rapprocherent peu à peu, à meſure qu'on approcha du centre unique où leurs rayons viennent aboutir. Ce qui nous entoure nous paroît plus intéreſſant par cette proximité, ce qui eſt près de nous nous ſemble plus grand; on avoit placé la terre au centre des mouvemens, on plaça dans ſon ſein le ſiége de la nature. L'aſtronomie étoit l'étude des phénomènes éloignés; la phyſique étoit celle des effets qui s'operent autour de nous, dans notre atmoſphère: la connoiſſance des élémens, des météores, voilà ce qu'étoit alors la nature & la phyſique circonſcrite & bornée. Les loix du mouvement des corps céleſtes, indiquées par Képler, ſont cependant des loix de la nature, comme celle de la chûte des graves, apperçue par Galilée, comme la peſanteur de l'air découverte par Torricelli. Képler, né avec un génie vaſte, avec un eſprit porté aux comparaiſons & aux rapports, fut le premier qui eut l'idée d'un tout, & qui oſa lier la nature terreſtre à la nature céleſte. Mais s'il a ſu concevoir une union & une dépendance générale de tous les êtres, il ne connut point les loix de cette dépendance; les cauſes imaginées par lui renferment plus d'erreurs que de vérités. Deſcartes reprit cette grande idée; il conſtruiſit le monde avec des élémens ſemblables, un même fluide fait tomber les graves & circuler les planetes; la nature étoit une dans ſes méditations, & il la développa toute entiere par un mécaniſme unique & ſimple. Mais ce mécaniſme étoit une erreur; une ſcience n'exiſte que par des vérités. La jonction de la nature terreſtre & de la nature lointaine ne pouvoit être effectuée qu'en rapprochant leurs phénomènes, & en démontrant qu'ils étoient identiques, opérés par les mêmes cauſes & ſuivant les mêmes loix. C'eſt ce que nous devons à

Newton; venu plus tard & lorsque ces idées avoient acquis de la maturité, doué d'un esprit plus sage, & sur-tout d'un génie plus puissant, s'il n'eut pas la premiere idée de l'astronomie physique, il en posa les fondemens, & cette science nouvelle sortit de ses mains. L'histoire des opinions des hommes n'est souvent qu'une longue suite d'erreurs, où la vérité peut paroître noyée; on doit être incertain de son choix & embarrassé de sa foi. Le génie de Newton a débrouillé ce chaos, il a séparé la lumiere des tenebres: les vraies connoissances de son tems sont concentrées, ce qu'on dût croire alors est contenu dans son ouvrage; & ce livre immortel renferme presque tout ce qui constitue la foi astronomique.

Newton naquit le 25 Décembre 1642 à Volstrope dans la province de Lincoln; il sortit d'une famille noble qui devoit tenir de lui son illustration. Nous ne parlerons point de ses études, il sembloit plutôt inventer qu'étudier: il parcourut les élémens d'Euclide, l'énoncé des théorêmes les lui faisoit découvrir; & il passa à la géométrie de Descartes, où il trouva le langage d'un grand homme, & des idées proportionnées à sa force. Newton étoit cependant encore jeune, si Newton l'a jamais été! On ne connoît de lui ni méprises, ni essais: aussi M. de Fontenelle lui applique-t-il une pensée des anciens sur le fleuve majestueux qui féconde l'Egypte, & dont la source a été long-tems inconnue; *il n'a pas été permis aux hommes de voir le Nil foible & naissant* (a).

§. I.

Newton connut son génie en lisant Descartes; il entra aussi-tôt dans la carrière de la haute géométrie, il marcha de

(a) Fontenelle, *Eloge de Newton*.

lui-même, & tous ses pas furent des découvertes. Ces découvertes étoient des méthodes géométriques ou inventées, ou perfectionnées; elles auroient suffi à la réputation d'un autre, elles n'étoient que les commencemens de Newton. On peut dire que les travaux, les inventions qui en ont fait un grand géometre, n'étoient que les essais de sa jeunesse; son âge le rendoit timide, il ne se pressoit point de rien publier, il laissoit mûrir ses idées & travailloit lentement, comme quand on édifie pour les siecles. Mais cette géométrie dont il s'étoit rendu maître, & qu'il possédoit dans son étendue, reçut de lui une nouvelle forme; elle devint entre ses mains un instrument plus subtil, plus propre aux recherches profondes par l'invention du calcul des fluxions. La nature se développe par des accroissemens insensibles; elle a ses élémens, ses petits pas qui suivent les mêmes loix que les grands; toujours la même dans sa source humble & chétive & dans sa grandeur imposante. L'art de Newton fut d'aller la surprendre dans ses commencemens, & dans un état de foiblesse qui est en proportion avec la nôtre. L'esprit de sa méthode est de considérer tout ce qui est susceptible d'augmentation ou de diminution, l'étendue & le mouvement, de décomposer les choses dans leurs élémens, d'observer leurs variations infiniment petites, de saisir les propriétés, les loix conservées dans ces petites variations, pour les appliquer à l'étendue & au mouvement sensibles, qui existent par les mêmes loix & par les mêmes principes. Cette invention a fait une révolution dans les sciences exactes, comme l'application des lunettes aux instrumens & l'invention du micrometre en ont fait une dans les sciences pratiques; ce sont autant d'organes dont l'homme a été doué pour pénétrer dans la connoissance des causes. Le calcul des fluxions, ou le calcul différentiel, est une espece de micrometre dont l'esprit se sert

pour

pour voir d'une maniere plus intime & plus sûre les rapports des choses ; comme au moyen de l'instrument mécanique tourné vers le ciel, l'œil suit l'étendue dans ses détails pour acquérir avec exactitude la mesure des grands espaces & la durée des révolutions.

§. III.

CETTE découverte, qui sera utile à toutes les générations par les découvertes dont elle sera le moyen, a été infiniment utile à Newton lui-même, c'est par elle qu'il s'est élevé, & qu'il a marché dans la carriere qu'il a parcourue. Nous suivrons ses méditations, qui fondent également sa gloire & celle de l'esprit humain ; nous allons présenter ses idées enchaînées. Mais nous n'avons pas la présomption de croire avoir saisi la chaîne que Newton a suivie ; cette chaîne tient à la nature de son génie, il faudroit être lui-même pour la dévoiler : celle que nous proposons n'est que pour unir les vérités, & pour en faciliter l'intelligence à nos lecteurs.

Ce fut, dit-on, en *1666*, c'est-à-dire, à l'âge de vingt-quatre ans que retiré de Cambridge à la campagne dans un tems de contagion, Newton commença ses recherches sur la cause de la pesanteur (*a*) ; des corps qu'il vit tomber attirerent ses regards, & fixerent ses idées sur ce phénomène trop familier pour être admiré du vulgaire, mais encore incompréhensible pour les philosophes. Dès qu'il y a mouvement, il existe une force qui le produit ; Newton pensa que cette force n'étoit pas bornée à la surface du globe : la pesanteur agit dans la profondeur des gouffres de la terre & sur les montagnes les plus élevées, elle s'étend même dans l'atmosphere d'où elle précipite les vapeurs amassées, qui tombent par leur poids sous la

(*a*) Préface des Elémens de la Philosophie de Newton par *Pemberton*.

forme de pluie, de neige ou de grêle. Cette force qui agit perpendiculairement à la surface de la terre, tend nécessairement à son centre (*a*), mais elle agit loin de ce centre & à une grande distance. Il étoit naturel de soupçonner qu'elle pouvoit atteindre la lune qui ne nous accompagne pas si constamment sans un lien qui la force à nous suivre ; ou, comme l'a dit Képler, sans une parenté qui l'attache à nous. Les liens des êtres sensibles sont des penchans qui les unissent, les liens des corps inanimés sont des forces qui les maîtrisent. Newton s'éleva donc à penser que la force de la pesanteur pouvoit s'étendre jusqu'à la lune, & la retenir dans son orbite, pour l'empêcher de nous quitter. Jusques là ce n'étoit qu'une idée philosophique, une idée que Képler avoit eue, il falloit en donner la démonstration, pour que ce fût une découverte. Mais si la lune est animée par la pesanteur qui fait tomber les corps à la surface du globe, elle doit suivre les mêmes loix ; ces corps tombent toujours perpendiculairement à cette surface, ils tendent toujours au centre ; la lune doit donc tendre également au centre de la terre. Cette force étoit du genre de celle que Huygens avoit appelée centrale ou centripete, elle méritoit d'être examinée ; Newton y appliqua sa sublime géométrie, & il vit que les corps qui circulent dans une courbe quelconque autour d'un point fixe, en vertu d'une force toujours dirigée à ce point, décrivent autour de lui des aires proportionnelles au tems. C'étoit une des loix découvertes par Képler (*b*) ; ainsi la supposition que la lune étoit soumise à une force, qui la faisoit tendre vers nous, étoit donc conforme à une loi de la nature, puisque cette loi en découloit nécessairement.

(*a*) On suppose ici que la terre soit une sphere parfaite, dont en effet elle differe infiniment peu.

(*b*) *Suprà*, p. 70 & 73.

§. IV.

Nous ignorons si Newton eut connoissance des idées de Hook que nous avons rapportées, & qui ne furent publiées qu'en 1674 : mais ces idées n'étoient que des conjectures, elles n'ont pu que le mettre sur la voie des grandes vérités dont il a la propriété entiere ; elles n'ont pu que l'engager à les chercher. On dit que Hook desirant les secours de la géométrie, écrivit à Newton pour lui demander quelle seroit la courbe décrite par un corps tombant de très-haut, suivant les loix d'accélération établies par Galilée, & en ayant égard à la rotation de la terre (*a*). Nous avons dit que les projectiles lancés dans l'air par une force quelconque, & retombant par leur pesanteur, décrivent une espece de courbe que les géometres nomment la parabole (*b*) ; cela est sensiblement vrai dans les petits espaces. Mais Newton aggrandit le problême pour que son génie s'y trouvât plus à son aise ; il ne limita point la distance d'où il fit tomber le corps, & pour avoir égard au mouvement de la terre, il le supposa en même tems lancé en avant par une force uniforme & latérale, alors il trouva que ce corps décriroit autour du globe une ellipse dont le centre de la terre occuperoit un des foyers. Voilà donc encore une des découvertes de Képler, tous les astres environnés par des astres circulans sont au foyer des orbes décrits. Ce qui arrive à ce corps peut donc arriver aux planetes ; ce corps, qui faisoit le sujet du problême résolu par Newton, n'étoit lui-même qu'une planete à laquelle le géometre marquoit une route autour de la terre.

La ressemblance étoit d'autant plus exacte, que cette ellipse

(*a*) Préface des Elémens de la Philosophie de Newton par *Pemberton*, p. IX.

(*b*) *Suprà*, p. 80 & 146. On fait ici abstraction de la résistance de l'air.

rappeloit celle que Képler avoit aſſignée aux planetes, & qui naiſſoit d'une ſeconde loi de la nature : mais ce corps, dans ſa trajectoire autour de la terre, obéiſſoit à deux forces, l'une accélératrice, celle de la peſanteur, l'autre uniforme. Newton s'éleva encore en généraliſant le problême, il le tira de notre ſphere étroite pour l'étendre à tout l'univers. Il s'agit ici de la deſtinée du monde; ce ſont les principes qui le meuvent, qui le conſervent, ce ſont les loix de ſon exiſtence qui vont ſortir des grandes penſées de Newton. Hook, en admettant l'idée d'une attraction des globes les uns vers les autres, avoit conçu que cette attraction devoit ſuivre une certaine loi, & demandoit qu'on la cherchât. Lorſqu'il imitoit les mouvemens céleſtes, lorſque ſes petites boules attachées à des fils, décrivoient des ellipſes, on demandoit quelle loi d'attraction feroit décrire ainſi des ellipſes autour d'un corps placé au foyer; & tandis que ces queſtions s'agitoient parmi les ſavans; tandis que le beſoin de connoiſſances nouvelles & élevées ſe faiſoit ſentir de toutes parts, Newton, qui a toujours retenu ſes penſées pour les mûrir, qui a toujours aſſervi le génie à la méditation, Newton ſeul & en ſilence avoit peut-être interrogé la nature, & déjà reçu ſes réponſes.

§. V.

En nous rappelant les principes établis avant Newton, nous verrons avec lui que tout mouvement circulaire, ou en général tout mouvement curviligne eſt un mouvement compoſé. Une ſeule force ne peut faire décrire qu'une ligne droite (a); il faut une, ou pluſieurs autres forces, pour retirer ſans ceſſe le corps de cette ligne droite, & le faire marcher dans une courbe,

(a) *Suprà*, p. 46.

qui n'eſt qu'une route compoſée de routes continuellement changées, & parcourue en vertu d'un mouvement réſultant & compoſé de pluſieurs. Les planetes, dans leurs révolutions, décrivent des aires proportionnelles au tems, & Newton avoit trouvé que ce phénomène auroit lieu toutes les fois que les corps circulans feroient ſoumis à une force dirigée à un point fixe : cette force étoit donc néceſſairement une des forces qui produiſent le mouvement des planetes, puiſqu'elles décrivent toujours des aires proportionnelles au tems. Le problême réſolu par Newton lui avoit enſeigné qu'une orbite, qu'une ellipſe pouvoit être décrite par une force dirigée au centre, combinée avec une autre force uniforme. Mais les planetes ſe meuvent d'un mouvement inégal, tantôt avec plus, tantôt avec moins de vîteſſe : cette inégalité ne peut naître de la force uniforme, elle appartient indubitablement à la force centrale ; cette force eſt donc variable. Newton dût arriver bientôt à cette concluſion ; Képler y étoit arrivé lui-même, ſa vertu motrice du ſoleil diminue lorſque la diſtance augmente : mais il avoit manqué la loi, & les pôles amis & ennemis, les explications phyſiques dont il avoit accompagné cette vérité, auroient pu repouſſer Newton, plus éclairé par le tems & ſurtout par ſa haute ſupériorité, ſi Newton ne s'y étoit pas élevé de lui-même ; il ſe ſervit des idées acquiſes, mais il les peſa dans ſa balance.

Newton, inſtruit que deux forces, l'une conſtante & uniforme, dans une direction quelconque, l'autre variable & dirigée à un centre, pouvoient faire décrire une ellipſe, n'avoit plus que la loi de ces variations à chercher ; c'étoit l'affaire de la géométrie, mais d'une géométrie qu'il avoit rendue propre à ces recherches profondes, & dont alors il avoit ſeul la poſſeſſion. Cette géométrie n'étoit point effrayée de la

grandeur des orbes, de la variabilité des vîtesses, de l'énormité des forces nécessaires pour transporter les masses pesantes des globes célestes. Newton a créé la science qu'on a depuis nommée *dynamique*, c'est-à-dire, celle qui a pour objet les corps en mouvement; elle ne considere que la force manifestée par ses effets, les espaces parcourus & les tems employés: peu importe à la science que les forces soient foibles ou puissantes, elle peut en considérer un grand nombre à la fois sous une expression abstraite & générale; avec la même facilité elle donne des loix, elle prescrit des routes aux mondes mouvans, ou à des parcelles de ces mondes, lancées par les forces humaines, & précipitées par leur pesanteur. Ces méthodes de Newton ont le caractere de son génie, elles sont universelles, elles sont grandes comme la nature qui comprend tout, & devant qui tout est égal! Pour elle & pour Newton, les planetes qui durent dans les siecles, la bombe qui s'éleve pour retomber aussi-tôt, les fardeaux qui roulent sur une pente, ne sont que des corps semblables, mus par les mêmes loix dans un espace ou moins étendu, ou plus vaste.

§. VI.

C'EST à cette géométrie également admirable & nouvelle que Newton demanda la loi des augmentations & des diminutions de la force dirigée au centre; & la science répondit que cette force étoit en effet plus petite à une distance plus grande, comme Képler l'avoit annoncé, & que ces décroissemens suivoient la raison du quarré de la distance, au lieu de la raison des simples distances que Képler avoit assignée. Képler n'eut point les secours que Newton s'est procurés, mais nous avons déjà remarqué, à l'honneur du philosophe Anglois, que si Képler avoit eu son génie, il auroit au moins soupçonné la

vraie loi (*a*). Le mécaniſme de l'univers, le principe fondamental des mouvemens périodiques eſt dévoilé : pour que les aſtres marchent dans des ellipſes autour d'un aſtre plus grand placé au foyer, il faut qu'ils ſoient mus par une force uniforme, combinée avec une force dirigée à ce foyer ; force variable & décroiſſante, en raiſon de l'augmentation du quarré de la diſtance. Ce n'eſt pas une conjecture heureuſe, un apperçu philoſophique, qui prouve l'étendue du coup d'œil & la juſteſſe du tact, c'eſt une vérité ſaiſie & démontrée ; ce coup d'œil & ce tact ont pu conduire le philoſophe, mais le géometre a aſſis cette vérité ſur la certitude mathématique. Ce ſont donc des forces de cette eſpece qui font mouvoir les planetes autour du Soleil, les ſatellites de Jupiter & de Saturne autour de leurs planetes, & la Lune autour de la Terre (*b*). Newton conſidérant la premiere de ces forces, celle qui ſe conſerve toujours, & qui, ſi elle exiſtoit ſeule, pouſſeroit les corps dans une ligne droite, la regarde comme une force une fois imprimée, & qui ſubſiſte ſans s'affoiblir, parce qu'elle n'éprouve point de réſiſtance & qu'il n'y a point de raiſon de deſtruction ; elle naît d'une impulſion primitive donnée à l'aſtre au moment où il a commencé à ſe mouvoir : l'autre dirigée au centre, eſt une tendance, une ſorte d'attraction, peut-être ſemblable à

(*a*) Hiſtoire de l'Aſtron. mod., Tom. II, p. 59.

(*b*) Soit (*fig.* 24) S le ſoleil, ſoit une planete en A, pouſſée par une force conſtante & uniforme, qui dans un petit tems, dans une minute, pourroit lui faire parcourir l'eſpace ou la ligne AF, & la planete attirée en même tems vers le ſoleil S, par une force capable de faire parcourir l'eſpace AE, dans le même tems d'une minute ; comme la planete ne peut ſuivre à la fois les deux directions, ſon mouvement ſe compoſe des deux mouvemens reçus, elle ſuit une direction intermédiaire, elle parcourt la diagonale AB (*ſuprà* T. I, p. 327, & T. II, p. 80), & la planete tombe réellement vers S de tout l'eſpace AE : tranſportée en B, elle eſt encore animée par les deux mêmes forces qui tendent à lui faire décrire BG & BH, la force uniforme dans le prolongement de AB, & la force vers S dans la ligne BS, la planete décrit la nouvelle diagonale BC, enſuite la diagonale CD, &c. ; ainſi la route, continuellement changée, prend une courbure & devient une orbite fermée qui enveloppe le point S.

celle que l'aimant exerce fur le fer. Rien n'eft plus admirable que ce mécanifme, c'eft par cette combinaifon des forces que tout fe meut, tout change, & cependant tout fe conferve! La nature n'eft que mélange & tempéramens; deux principes deftructeurs l'un par l'autre enchaînés, font unis pour des effets durables, l'alliance de ces principes maintient la fociété des corps céleftes! Si la force d'impulfion pouvoit prévaloir, les corps s'échapperoient comme la pierre lancée par la fronde, ils fe fépareroient pour ne jamais fe revoir; fi au contraire la force d'attraction agiffoit feule, le corps central attireroit toujours de plus en plus tous les autres, il finiroit par les réunir à lui, la Lune tomberoit fur la Terre, les fatellites fur Jupiter & Saturne, toutes les planetes fur le Soleil; ces globes, qui, comme autant d'individus, peuplent les efpaces, les animent de leurs mouvemens, entaffés les uns fur les autres, ne compoferoient plus qu'une maffe informe, immobile; & l'univers feroit fans ordre, fans beauté & fans vie!

§. VII.

Une queftion importante naiffoit de cette découverte; la force émanée de la terre, & qui retient la lune dans fon orbite, eft-elle la même que la pefanteur qui fait tomber les corps vers le centre du globe? Il étoit naturel de le croire, l'analogie portoit à cette conclufion; la nature n'emploie point deux caufes pour des effets femblables. Mais la géométrie eft plus difficile & plus ftricte que la philofophie; l'analogie, les vraifemblances ne la fatisfont pas: elle a fes méthodes, qui font fes inftrumens, & qu'elle applique aux chofes pour les connoître; tout ce qu'ils n'atteignent pas refte dans un état d'incertitude, mais auffi ce qui fubfifte après l'examen eft la vérité rigoureufe. Il falloit démontrer par une preuve de fait,

par

par des phénomènes comparés, que l'attraction de la terre, connue à sa surface sous le nom de pesanteur, alloit saisir la lune, malgré la distance, & la faire mouvoir par les mêmes loix qui précipitent les graves autour de nous.

La lune à chaque instant décrit un petit arc sur son orbite, & si, dans les forces unies pour le faire décrire, on considere à part la force qui tend au centre de notre globe, on verra que dans cet instant la lune est réellement tombée vers la terre d'une petite quantité *(a)*. Cette quantité est calculable par la géométrie *(b)*, & on trouve que dans le tems d'une minute la lune tombe de quinze pieds. La lune, lorsqu'elle est dans sa distance moyenne, entre la plus petite & la plus grande, est éloignée du centre de la terre de soixante de nos demi-diametres terrestres; elle est soixante fois plus éloignée que les corps qui tombent à la surface, & qui ne sont séparés du centre que par le rayon ou par un demi-diametre de la terre. La pesanteur, l'attraction décroissant suivant la loi imposée par Newton, & comme le quarré de la distance augmente, doit être trois mille six cens fois plus foible à la distance de la lune; & puisque les effets sont proportionnés à leurs causes & aux forces qui les produisent, la lune transportée à la surface de la terre, y tomberoit rrois mille six cens fois plus vîte,

(a) *Suprà*, note du §. VI, p. 479.

(b) Il faut seulement connoitte l'étendue de l'orbite de la luoe, qui dépend de sa distanee : sa distanee est comparée au rayon de notre globe ; il fallnit done avoir mesuré la terre. Au tems de ses premieres recherches, Newtoo ne connoissoit que l'estime des pilotes, qui donnoient au degré soixante milles d'Aogleterre (au lieu de soixante-neuf milles qu'il contient réellement), il ne trouva point l'aecord qu'il eherchoit entre la chute de la lune & celle des corps graves, il crut qu'il falloit eocore quelqu'autre foree, outre la pesaoteur pour la faire mouvoir. Quand Hook éerivit à Newton (*suprà*, p. 475), Pieard venoit de déterminer la longueur exacte du degré, Newton reprit ses recherches, employa cette mesure précise, & trouva l'accord qu'il avoit soupçonné. Halley se joigoit à Hook poor l'eogager à suivre ses méditatioos importantes, & c'est à leurs sollicitations que l'oo doit la productioo de l'immortel ouvrage des Principes mathématiques de la philosophie naturelle, & le vrai système du monde.

M. de la Lande, *Astron.* art. 3381.

ou parcourroit trois mille six cens fois plus d'espace dans le même tems, c'est-à-dire, trois mille six cens fois quinze pieds par minute. Or Riccioli, Huygens ont reconnu par l'expérience qu'un corps tombant parcourt quinze pieds dans la premiere seconde du tems de sa chûte; & suivant la loi découverte par Galilée, cette chûte s'accélere, de maniere que les espaces parcourus sont comme les quarés des tems. Un corps qui tombe de quinze pieds dans une seconde, tomberoit en conséquence de quatre fois quinze pieds en deux secondes, de neuf fois en trois secondes, & enfin de trois mille six cens fois quinze pieds en soixante secondes, ou en une minute. La lune transportée à la surface de la terre, & y tombant en vertu de la même cause qui la fait tomber dans son orbite, mais de cette cause augmentée à raison de la proximité du centre, tomberoit donc vers ce centre comme tous les autres corps, & suivant les mêmes loix; l'identité des effets & des loix prouve l'identité des causes. On pourroit être tenté d'objecter que la force, qui fait mouvoir la lune, est une force variable en raison du quarré des distances, & que la pesanteur semble être constante à la surface de la terre, quelles que soient les hauteurs d'où les corps sont précipités; c'est de cette constance, & d'une même action sans cesse répétée, que Galilée a tiré la loi de la chûte des graves (*a*). Mais quelles sont ces hauteurs d'où l'on a vu tomber les corps? Des tours élevées par la main de l'homme, & dont l'élévation est aussi bornée que ses moyens; ses ouvrages sont toujours petits comme lui : il n'y a pas assez de champ pour la nature, ses variations ne se développent & ne se dévoilent que dans plus d'espace ou plus de tems. Il faudroit, pour décider cette question par des expériences terrestres,

(*a*) *Suprà*, p. 81.

nous élever à une grande hauteur dans l'atmoſphere, ou hors de cette atmoſphere. Mais qu'avons-nous beſoin de nous y tranſporter, puiſque la lune exiſte au terme où nous ne pouvons atteindre, puiſqu'elle y eſt placée pour être interrogée & pour nous répondre; elle tombe comme les corps que nous y porterions. La force qui fait mouvoir la lune, & qui à chaque minute la fait deſcendre de quinze pieds, n'eſt que la peſanteur diminuée à cauſe de l'éloignement, & ſuivant la loi aſſignée par Newton. Le calcul, qui doit tout vérifier, démontre que ces diminutions ne peuvent devenir ſenſibles dans les petites diſtances dont nous ſommes les maîtres; cette loi eſt celle qui eſt néceſſaire pour faire décrire une ellipſe que la lune décrit en effet. Ainſi Newton, après avoir trouvé par la géométrie, qu'un corps, décrivant une ellipſe autour d'un autre corps placé au point du foyer, eſt mu par une force qui tend à ce point, & qui varie en raiſon du quarré des diſtances, a montré par l'exemple & par les phénomènes de la lune, que cette planete obéit à une force, variable ſuivant cette raiſon, & ſemblable à celle qui fait tomber les corps vers la ſurface de la terre. C'eſt ici que la nature céleſte eſt réellement enchaînée, aſſimilée à la nature terreſtre; il n'y a point de corps lancés par nous dans l'air, qui ne commencent une orbite autour de la terre; orbite bientôt interrompue, parce que la force projectile eſt trop petite, & que la peſanteur plus active réunit bientôt ces corps à la grande maſſe: il leur arrive ce qui arriveroit à la lune, ſi la force d'impulſion étoit inceſſamment diminuée par quelque réſiſtance, la lune finiroit comme eux par tomber ſur la terre, où elle reſteroit attachée.

§. VIII.

La force de la terre, qui maîtriſe & conduit la lune,

démontre la force semblable, & sans doute plus puissante que possede le Soleil pour régir les planetes & la terre elle-même. Mais le soleil n'a pas comme nous un seul satellite, il en a six, en comptant la terre; est-ce avec le même pouvoir qu'il enchaîne Mercure, la plus proche des planetes, & Saturne la plus éloignée? Il étoit assez naturel de le croire; le pouvoir d'un chef assujettit également tous les sujets. Le Soleil, comme roi, avoit son empire, dont les habitans devoient suivre des loix communes. Il seroit absurde de supposer dans le globe solaire une force particuliere pour gouverner Saturne, une autre pour Mercure, & enfin autant de forces qu'il y a de planetes différentes. Mais jadis ces planetes étoient des divinités; on les fit descendre ensuite à la classe d'intelligences un peu supérieures à l'homme; bientôt on les priva de cette intelligence, pour ne leur laisser qu'une force animale, mais propre à ces planetes & habitant dans leur sein. Kepler, dans ses momens de lumiere, avoit vu que toutes ces forces particulières résidoient dans le soleil, & n'étoient que sa vertu motrice & universelle. Ces manieres de voir sont individuelles; l'opinion des grands hommes ne décide pas toujours leur siecle. Les mathématiques, auxquelles personne ne peut se refuser, n'avoient point prononcé; jusques-là elles n'avoient démontré qu'une chose, c'est que les planetes sont mues par une force dirigée au Soleil. On pouvoit demander si cette force étoit dans le Soleil pour les attirer, ou dans les planetes mêmes, pour les pousser vers lui? C'est ce que la géométrie n'avoit point décidé. Il est sans doute plus conforme à la simplicité des moyens de la nature de supposer dans le Soleil une force unique, qui suffit à toutes les planetes, que d'en établir une particuliere dans chacune d'elles, pour opérer leurs mouvemens. Newton consulta la géométrie, & il commença par poser en fait ce qui étoit en

queſtion, pour en examiner les conſéquences rigoureuſes. Si ces conſéquences ſont les mêmes que les phénomènes obſervés, le fait ſuppoſé eſt une vérité. Newton plaça donc la force agiſſante dans le Soleil, il vit que ſi cette force peut mouvoir Mercure, elle peut s'étendre à Vénus & aux autres planetes, avec ſeulement les diminutions que produit la diſtance. La force eſt connue, meſurée par la vîteſſe (*a*); une force diminuée ſera marquée par une vîteſſe moindre : il y aura moins d'eſpace parcouru dans un tems égal, & les révolutions des planetes plus éloignées doivent être plus lentes. Cette concluſion eſt déjà conforme aux phénomènes obſervés des mouvemens des planetes; les corps les plus éloignés du ſoleil ſont ceux qui mettent plus de tems pour accomplir leurs révolutions autour de lui. Ces tems des révolutions doivent donc avoir quelque proportion avec les diſtances. Newton, à l'aide de l'inſtrument du calcul, parvint à la ſolution de ce problême : ſi pluſieurs corps tournent dans des ellipſes, autour d'un autre corps placé au foyer commun de ces ellipſes, & que ces corps ſoient attirés vers lui par une force unique qui y réſide, & qui ſoit inverſement proportionnelle au quarré des diſtances, quelle ſera la proportion des tems dans leſquels ces ellipſes entieres ſeront décrites ? la ſolution fut que les tems périodiques, ou les tems des révolutions ſeroient comme les racines quarrées des cubes des diſtances, & cette concluſion géométrique eſt préciſément la proportion obſervée entre ces tems (*b*), & la troiſieme loi des mouvemens céleſtes découverte par Képler.

(*a*) *Suprà*, p. 67.

(*a*) *Suprà*, p. 118.

§. IX.

LORSQUE Képler ressentit une si grande joie d'avoir trouvé la proportion, qui existe entre les révolutions des astres, il prévoyoit sans doute qu'elle seroit la base du systême du monde. Mais examinons la simplicité des suppositions, le nombre & la vérité des résultats. Les mouvemens des astres s'accomplissent dans des courbes ; tout mouvement curviligne est le produit de plusieurs forces, c'est un principe démontré. La géométrie suppose deux forces : l'une uniforme & constante, appliquée aux corps célestes ; l'autre placée dans le soleil, & capable d'attirer vers lui tous les corps qui se rencontrent dans sa sphere d'activité. La force ne peut être la même à toutes les distances du soleil, & dans tous les points de cette sphere, la géométrie suppose qu'elle décroît comme le quarré de la distance augmente. De là il résulte que les planetes doivent décrire autour du soleil des aires proportionnelles aux tems, que ces planetes suivent des ellipses dont cet astre occupe le foyer, & que les tems de leurs révolutions sont comme les racines quarrées des cubes de leurs distances ; les trois conséquences de cette hypothèse sont les trois grands phénomènes observés par le génie de Képler. La lune tombe dans son orbite comme les corps tombent autour de nous, par la même loi, & avec une vîtesse proportionnée. Les ressorts supposés sont donc les vrais ressorts du mouvement, la démonstration est complette ; Newton seul, avec sa géométrie, a deviné le secret de la nature.

L'avantage des solutions géométriques, c'est qu'elles sont générales ; dès qu'il est démontré que les planetes mues en conséquence des loix de Képler, sont animées par une force qui réside dans le Soleil, il est également certain que les

ſatellites de Jupiter, de Saturne, aſſujettis aux mêmes loix, ſont animées par des forces qui réſident dans ces deux planetes. Jupiter & Saturne ſont dans leurs états comme le ſoleil dans le ſien, il n'y a d'autre différence que celle de l'étendue du pouvoir. C'eſt également de notre globe que part la force qui fait mouvoir notre ſatellite. Le ſoleil n'eſt donc pas le ſeul être qui ſoit fort & puiſſant, les autres grands corps le ſont comme lui, & avec les degrés convenables à leur ſubordination! Mais ſi la Terre étend ſon action juſqu'à la Lune, ſi Jupiter & Saturne agiſſent ſur leurs ſatellites, doit-on penſer que leur pouvoir ſe borne aux orbes de ces ſatellites, que ces planetes ne puiſſent agir les unes ſur les autres; & lorſque le Soleil les atteint de ſa puiſſance, penſerons-nous que la leur ne puiſſe s'étendre juſqu'à lui? La force de ces globes diminue par l'éloignement, il eſt une diſtance & un terme calculable où ſon action finit; mais en-deçà de cette diſtance, & dans la ſphere qui auroit cette diſtance pour rayon, tous les corps qui s'y rencontrent ſubiront la même loi, & l'attraction doit être réciproque entre les corps céleſtes: ſoleil, planetes principales, ſatellites, tous mutuellement agiſſent & réagiſſent, l'attaque & la défenſe ſont reſpectives, & les fortunes ſeules ſont différentes; car les uns maitriſent, tandis que les autres ſont aſſujettis.

§. X.

CETTE inégalité des conditions dans les habitans du ciel doit avoir une raiſon dans la nature, & là, comme parmi nous*, ce ſont les plus forts qui ſans doute ont l'empire. Le Soleil qui régit tout, eſt le plus grand des aſtres, la Terre, Jupiter, Saturne, qui ont des ſatellites, ſont plus grands que ces ſatellites. Mais la grandeur eſt-elle une marque infaillible

de la puissance ? La philosophie éclairée ne se prête qu'avec réserve à l'analogie souvent trompeuse ; il faut du moins tirer cette conclusion d'une considération plus générale & plus vraie. Les globes célestes, dont nous pouvons juger par le nôtre, sont composés de matiere ; nous voyons que notre globe renferme des corps de différente espece, les uns plus compactes & plus durs, les autres moins serrés dans leurs parties & plus faciles à diviser : ceux-ci pesent moins, ceux-là pesent plus, & à vîtesse égale, sont capables d'un effort plus grand ; s'ils pesent plus, c'est que sous un volume semblable, les corps plus serrés, plus compactes, contiennent plus de matiere ; & s'ils sont capables de plus d'effort, c'est que cet effort est proportionné à la quantité de matiere & à leur masse plus ou moins solide. Les globes des planetes sont dans les espaces de l'univers ce que sont les substances, les minéraux semés dans les couches de la terre ; ces globes sont inégalement serrés & compactes, ils sont formés de quantités différentes de matiere, & en conséquence ils sont capables de plus d'effort : de là naît la notion complette de la force centrale ou attractive, & la raison de la différence des forces qui résident dans les corps célestes ; c'est que leurs forces respectives sont proportionnelles à la quantité de matiere, ou à la masse de ces corps.

§. XI.

CETTE conclusion est d'autant plus légitime, que nous retrouvons sur la terre l'attraction que les phénomènes célestes ont révélé. Nous ne parlons pas des attractions magnétiques & électriques, le fer aimanté, les corps frottés attirent les petits corps voisins ; mais par des loix particulieres & qui semblent différentes des loix de la gravité. Cette attraction, propre à certain corps, est du moins un exemple de celle qui leur

leur appartient à tous. Mais l'attraction réciproque de toutes les parties de la matiere se manifeste encore dans un grand nombre de phénomènes. Les fluides répandus par gouttes sur un plan horizontal se forment en petits globules hémisphériques; ce phénomène n'a lieu que parce que leurs molécules exercent une attraction réciproque, & ne peuvent parvenir à l'équilibre & au repos que sous une forme où tous les efforts soient balancés. Les liqueurs, dans les petits tuyaux que l'on nomme capillaires, s'élevent au-dessus de leur niveau, & la raison ne peut trouver d'autre cause de cet effet, sinon que les parois du tube atirent la liqueur, & lui prêtent une force particuliere pour s'élever & pour se soutenir. En observant attentivement l'eau contenue dans un verre, on voit que la surface est un peu concave, l'eau est moins haute au milieu que près des bords, parce que ces bords l'attirent & l'élevent; leur attraction surpasse celle des molécules de l'eau : si dans le même verre on substitue du mercure, qui est infiniment plus pesant que l'eau, & plus capable d'attirer que le verre, les phénomènes sont opposés; la surface prend une figure convexe, le mercure est moins élevé près des bords, parce que toutes les molécules refluent du côté où l'attraction est plus puissante, & le milieu s'éleve. Les affinités chimiques ne sont que des attractions; les dissolutions, les précipitations, les coagulations présentent partout des phénomènes analogues. Une substance n'est dissoute dans une liqueur où elle reste suspendue en parties invisibles, que parce que les molécules fluides attirent ces parties, les fixent près d'elles, & l'emportent sur l'action de la pesanteur qui tend à les précipiter. Mais si l'on introduit dans cette dissolurion une nouvelle substance qui ait plus d'analogie avec les molécules du fluide, c'est-à-dire, si ces molécules & celles de la substance ont une attrac-

tion mutuelle & combinée, plus forte que celle qui formoit le premier lien, la ſubſtance retenue ſe ſépare de la liqueur, qui s'empare de la ſubſtance nouvelle qu'on lui préſente; celle-la ſe précipite au fond du vaſe, celle-ci diſparoît par l'union intime des parties, & ſe confond dans la liqueur. Ces molécules exercent donc à de très-petites diſtances, à des diſtances proportionnées à leur foible maſſe, une attraction ſemblable à celle que les globes céleſtes exercent dans les eſpaces de l'univers à des diſtances énormes. La groſſeur de ces molécules, leurs figures, qui peuvent ſe toucher en peu ou en beaucoup de points, diverſifient toutes ces attractions. La mobilité des fluides fait ſuppoſer que leurs parties, toujours prêtes à gliſſer les unes ſur les autres, ſont plus ſéparées par cette raiſon de figure, ont moins d'adhérence, à cauſe de la matiere du feu interpoſée & mêlée dans tous leurs interſtices. Cependant en uniſſant deux liqueurs, telles que l'huile de tartre & l'huile de vitriol, leur compoſé produit tout-à-coup une maſſe ſolide & coagulée, parce que ſans doute les molécules plus fines de l'une rempliſſent les intervalles des molécules plus groſſieres de l'autre : la proximité permet une attraction plus forte, & l'adhérence forme la ſolidité; cette adhérence augmentée produit la dureté. La cohéſion des parties d'un corps, c'eſt-à-dire, la réſiſtance qu'elles oppoſent à leur diviſion, étoit un myſtere inconcevable pour les anciens. On conçoit bien que la matiere peut avoir des parties primitives & indiviſibles; nos diviſions manuelles & humaines ne parviennent jamais à ſes parties inſenſibles, nous n'en avons pas la prétention. Mais les corps ne ſont évidemment qu'une aggrégation de molécules palpables placées les unes près des autres; quelle eſt la force qui les ſerre, qui les retient, qui réſiſte ſouvent à nos efforts & aux agens les plus puiſſans? Newton a porté la lumiere de ſon génie dans

ces myſteres : cette force eſt celle de l'attraction, elle augmente lorſque les molécules ſe touchent & s'uniſſent par plus de points; & comme cette force eſt d'autant plus grande que la diſtance eſt plus petite, ces molécules peuvent être ſerrées au point de produire une force preſque infinie, & capable de briſer tous les efforts de nos moyens. Nous avons un exemple de cette augmentation graduelle & ſucceſſive de la cohéſion, en vertu d'une application plus immédiate : deux pierres poſées l'une ſur l'autre, peuvent être facilement ſéparées ; mais ſi ces pierres ſont des marbres dont on ait parfaitement poli les ſurfaces, afin de faire diſparoître les inégalités qui empêchent l'application exacte, il faudra une certaine force pour les ſéparer. Cependant le poli laiſſe des inégalités imperceptibles à l'œil, qui établiſſent encore une diſtance entre les points des ſurfaces, la jonction n'eſt pas auſſi intime qu'elle peut l'être ; il faut enduire ces ſurfaces d'une liqueur, telle que l'huile, tous les pores, tous les vides ſeront remplis, du moins autant qu'il nous eſt permis d'y prétendre, & les marbres adhéreront ſi fortement, qu'il faudra une force beaucoup plus grande pour les ſéparer. Le ſuccès de nos moyens peut nous faire eſtimer l'efficacité des moyens de la nature. Quand elle a compoſé les corps pour la durée, elle a ſu comment il falloit approcher & unir leurs parties ; & par la force néceſſaire pour détruire notre ouvrage, nous pouvons juger de celle qu'elle produit pour l'oppoſer à la deſtruction des ſiens. Les phénomènes différens de la chimie, & ſur-tout cette force de la cohéſion, prouvent que l'attraction d'une molécule eſt très-grande à raiſon de la proximité ; & comme la cohéſion exiſte plus ou moins dans tous les corps, Newton a conclu que la gravité étoit univerſelle dans toutes les parties de la matiere.

Mais une expérience décisive & récente donne encore une preuve plus sensible, & par conséquent plus démonstrative du pouvoir attractif de la matiere (*a*). Si l'on met en équilibre une balance portant à l'un de ses bras un morceau de glace, taillé en rond, de deux pouces & demi de diametre, suspendu dans une position horizontale; si l'on fait ensuite descendre cette glace jusqu'à ce qu'elle touche la surface du mercure placé au-dessous dans un vase, il faudra ajouter dans le bassin qui fait équilibre neuf gros dix-huit grains, pour que la glace se détache du mercure, & pour vaincre l'adhésion qui résulte du contact. Ce n'est point la pression de l'air sur la glace qui produit l'adhésion, l'effet est le même sous une machine pneumatique d'où l'on a chassé l'air, & où on a fait le vide le plus parfait. Cette belle expérience est une des plus curieuses que l'on ait faites depuis long-tems, elle est due à M. de Morveau, avocat général du Parlement de Dijon; elle prouve non seulement le pouvoir attractif de la matiere en général, mais encore elle en donne la mesure, en montrant que dans le contact le mercure agit avec une force équivalente à neuf gros dix-huit grains; le contact n'est ici qu'une grande proximité: & lorsque ce contact est aussi parfait que la nature peut l'exécuter dans la composition des corps, lorsque la distance est peut-être encore un million de fois plus petite, on doit juger de l'adhésion produite par cette force.

§. XII.

Il s'ensuit que l'attraction est une force non seulement propre

(*a*) M. de Morveau, *Elémens de chimie*. M. Macquer, *Dic. de chim.* art. pesanteur.

aux corps céleſtes, mais à toutes leurs parties ; chaque portion de matiere, quelque petite qu'elle ſoit, en eſt revêtue ; & l'attraction d'un corps eſt la force réſultante des attractions particulieres de chacune de ſes parties. Ces vues profondes conduiſirent Newton à un problême dont la ſolution étoit néceſſaire : il avoit vu que les planetes qui décrivent des ellipſes autour du ſoleil, les ſatellites autour de leurs planetes principales, ont une tendance vers le centre ou du ſoleil, ou de ces planetes, ſont attirées vers ce point. Mais le point ſans étendue eſt un être idéal & métaphyſique, il ne peut être revêtu d'aucune force ; & la tendance vers ce point, qui peut être admiſe lorſqu'elle eſt conſidérée mathématiquement, ne ſeroit plus qu'une abſurdité en phyſique, ſi la géométrie ne rendoit pas compte de cette direction. Newton chercha quelle ſeroit l'action d'un globe ſphérique ſur un corps extérieur, en ſuppoſant que toutes les molécules dont ce globe eſt compoſé, attiraſſent le corps & elles-mêmes, en raiſon de leur petite maſſe, & inverſement comme le quarré de leur diſtance. Ce problême difficile eût effrayé les anciens géometres, ils n'auroient jamais conçu que l'eſprit humain pût s'y élever. En effet la penſée apperçoit dans chaque corps un nombre infini de petites parties, & leurs diſtances, tant entr'elles qu'à l'égard du corps attiré, ſont toutes différentes. Il faut cependant faire entrer dans le calcul & toutes ces parties, & leurs diſtances différentes. Mais Newton avoit le calcul des fluxions, des quantités infiniment petites, il pouvoit conſidérer la nature dans ſes dernieres diviſions ; il trouva que la force totale, née de toutes ces forces partielles, étoit dirigée au centre & attiroit le corps extérieur en raiſon inverſe du quarré de la diſtance du corps à ce centre. Le calcul géométrique juſtifioit donc encore ce que l'obſervation des phénomènes avoit indiqué, la tendance

au centre; & l'attraction d'un globe entier suit la même raison que celle de ses parties.

§. XIII.

NEWTON voyant que chaque corps céleste étoit doué d'une force particuliere, voulut estimer ces forces; mais les forces de la nature sont les premieres raisons des choses, ce sont les ressorts secrets du mouvement, nous ne pouvons les connoître que par le mouvement & par leurs effets (a). Les seules forces qui se manifesteront ainsi, seront connues; & encore faut-il que leurs effets soient en proportion avec nos organes, & puissent être saisis par nos sens. La pesanteur est l'effet de l'attraction, c'est donc le poids des corps qui doit la faire connoître. S'il nous étoit permis de transporter le même corps successivement sur chaque planete, & de mesurer les changemens de son poids, nous aurions les forces attractives de ces planetes, ou du moins les rapports de ces forces. Il ne nous est permis d'atteindre à ces distances que par la pensée, & par l'organe de la vue; mais ces corps que nous n'y pouvons porter, la nature les y a placés elle-même, du moins sur quelques-unes de ces planetes: c'est la Lune qui pese sur la Terre, ce sont les satellites de Jupiter & de Saturne, & toutes les planetes, qui pesent sur Jupiter, Saturne & le soleil. Tous ces corps ne se meuvent, ne circulent dans des orbites que parce qu'ils pesent sur le corps central. Newton a donc pu mesurer par les tems de leurs révolutions le poids de ces corps, à la distance où ils sont du corps central. Mais comme le poids, ou ce qui est la même chose, l'attraction varie en conséquence de la distance, & que la lune, les satellites, les planetes, sont à des éloignemens considéra-

(a) *Suprà*, p. 67.

blement différens de leur point de tendance, il falloit réduire tous ces poids pour une distance égale, ce qui est toujours facile, puisque l'attraction croît en raison inverse du quarré de la distance. Enfin, & c'est une des plus belles & des plus étonnantes découvertes de l'esprit humain, Newton a trouvé par des principes démontrés, par des calculs rigoureux, qu'un corps, qui placé à une certaine distance de la Terre, peseroit une livre, porté successivement à la même distance des centres de Saturne, de Jupiter & du Soleil, peseroit aussi successivement 78, 288 & 307831 livres : or comme le poids d'un corps n'est que l'attraction exercée sur lui par un autre corps, comme le pouvoir attractif de ce dernier corps est réglé par la quantité de matiere qu'il contient, il s'ensuit que Saturne & Jupiter ont 78 & 288 fois plus de matiere que la Terre; & le soleil à lui seul, dans son globe à la vérité immense, renferme trois cent sept ou huit mille fois plus de matiere que notre propre globe.

§. XIV.

Les autres planetes, qui existent solitaires & sans satellites, telles que Mars, Vénus & Mercure, n'ayant point de corps qui pesent sur elles, ni de sujets qui ressentent leur puissance, cette puissance, la force dont ces globes sont revêtus, la quantité de matiere qu'ils contiennent ne peut nous être manifestée, ou du moins ne pourra l'être que par des conjectures & par des moyens plus ou moins incertains. Mais quoique la masse ne soit pas dans la proportion de la grandeur & du volume, il y a cependant une certaine relation entre ces choses; sans doute que les molécules de matiere ne peuvent être serrées que jusqu'à un certain point, il est sans doute une quantité au-delà de laquelle le volume ne peut plus rien contenir : on en doit légitimement conclure que Mars, Vénus & Mercure

n'étant pas plus grands, ou même étant plus petits que la Terre, ne peuvent avoir une maſſe & une force conſidérablement plus grande. Si l'on ſuppoſe, pour évaluer tout au plus fort, que ces trois planetes ont chacune une force égale à celle de la terre, & que, additionnant les forces des ſix planetes, on aura le nombre 370, tandis que le ſoleil ſeul poſſede une force exprimée par 307831, une force environ mille fois plus grande que celle de toutes les planetes; & ſi on les conſidere comme réunies en maſſe & comme attachées à l'extrémité d'un long levier, d'une grande balance qui atteigne le ſoleil, cet aſtre placé à l'autre extrémité, avec ſa ſeule maſſe mille fois plus peſante, entraînera tout; c'eſt ce qui eſt arrivé dans le ſyſtême de l'univers. Le ſoleil s'eſt rendu le maître, il a pris l'empire parce qu'il étoit le plus fort; tous les corps qu'il a pu atteindre & ſaiſir, il les a retenus par les liens de cette force prépondérante; il les oblige de circuler autour de lui, ſans qu'ils puiſſent jamais s'en écarter: & ſeulement la nature qui a mis partout des degrés & partout réglé des rangs, a permis à ces planetes d'exercer le même deſpotiſme dans des diſtricts particuliers; elles ont également ſaiſi les petits corps qui ſe ſont rencontrés dans leurs domaines, elles ſe ſont fait une cour & un empire de corps circulans. Ce joug a été diſtribué, réparti en raiſon de la force d'une part, & de la foibleſſe de l'autre; une loi univerſelle & durable s'eſt établie, l'attaque & la réſiſtance ont été tellement balancées, qu'il en réſulte un équilibre peut-être éternel. Telle eſt l'explication que Newton a donnée de l'arrangement de l'univers: explication également fondée & ſur les principes géométriques les plus ſûrs, & ſur les vues phyſiques les plus ſaines; explication bien différente de celle de ces tourbillons imaginaires, dont les grands avoient la puiſſance d'engloutir

les

les petits, sans les altérer, & sans aucun mélange de ces deux masses liquides.

§. XV.

Les planetes, les satellites sont donc mus dans leurs orbites elliptiques, autour d'un corps central, par deux forces, dont l'une est toujours dirigée à ce point, & tend à les y porter, l'autre toujours uniforme, & tendant constamment à les en écarter. Mais dans la circulation de ces corps il est un phénomène qu'on a peine d'abord à concevoir, & un mécanisme que nous devons expliquer. Le soleil n'est point au centre de ces orbites, il est par conséquent plus près d'une extrémité que de l'autre; si le corps qu'il attire est placé dans la partie la plus éloignée, on conçoit que la pesanteur peut prévaloir sur la force uniforme qui la combat, qu'elle peut continuer de prévaloir pendant une demi-révolution; & le résultat de cette suite d'avantages est que le corps attiré s'est approché considérablement. Mais lorsqu'il est arrivé à ce terme, & dans la partie de son orbe la plus voisine du soleil, le corps va s'éloigner pendant une demi-révolution, de la même quantité dont il s'étoit approché; & il finit par se retrouver à cette distance, la plus grande de toutes celles qui lui sont permises, & où nous avons supposé que sa révolution avoit commencé. Comment cette force centrale, qui a prévalu pendant un tems sur la force uniforme, cesse-t-elle de prévaloir, au point de perdre successivement tous les avantages qu'elle avoit acquis? La force qui lui est opposée est uniforme, & cette uniformité exclut en elle toute idée de changement & d'augmentation. L'explication de ce phénomène singulier est dans la force centrifuge; Huygens avoit préparé des faits & des réponses à Newton. Mais pour éclaircir entierement le mystere,

il faut, comme Newton, avoir été plus loin que Huygens, & avoir connu dans sa profondeur la nature des forces centrifuges. Huygens n'a considéré cette force que dans le cercle, Newton la retrouva dans les mouvemens curvilignes : tous ces mouvemens tiennent toujours quelque chose des mouvemens circulaires ; ils ont entr'eux des ressemblances, parce que la nature est nuancée. Un corps est mu en ligne droite par une force constante ; il est sans cesse retiré de cette ligne droite par la force centrale ; les deux forces se combinent, & il en résulte une orbite en courbe fermée, voilà les faits. Si cette courbe fermée est un cercle, les principes de Huygens nous ont appris qu'il en naît une force centrifuge, précisément égale à la force centrale (*a*) ; l'une balance l'autre, & le corps tourne incessamment, sans jamais s'approcher, ni s'éloigner du centre. Mais lorsque la courbe fermée est une ellipse (*b*), lorsque le centre d'attraction est dans le foyer de cette ellipse, le corps a-t-il une force centrifuge, & quelle est sa mesure ? C'est ce que Newton a vu de plus que Huygens. Quoique la route soit elliptique, dès que la courbe est fermée, le corps accomplit une véritable gyration autour du foyer, les routes

---

(*a*) Histoire de l'Astron. moderne, *Suprà*, p. 461.

(*b*) Tout dépend de la vîtesse qui résulte de la force uniforme. Nous avons dit que cette vîtesse étoit mesurée par la hauteur d'où l'on pouvoit supposer que le corps étoit tombé ; nous avons dit que pour qu'un corps circulant eût une force centrifuge égale à la pesanteur, il falloit qu'il fût tombé d'une hauteur égale à la moitié du rayon du cercle (*Suprà*, p. 462). Si donc un corps attiré vers B (*fig* 25) part du point A, poussé par une force uniforme, avec la vîtesse qu'il auroit s'il étoit tombé d'une hauteur unique, égale à AC, il décrira un cercle autour du point B. Mais si sa vîtesse est moindre ou plus grande, il décrira une autre des sections coniques, pourvu que la force centrale soit inversément comme le quarré de la distance : savoir une ellipse, tant que la vîtesse sera moindre ou plus grande que celle de la hauteur AC ; lorsqu'elle sera telle que par la hauteur AB, la courbe sera une parabole : & enfin si elle est plus grande que par cette hauteur AB, la courbe sera une hyperbole. Dans d'autres hypothèses que celles du quarré des distances, il naîtroit d'autres routes & d'autres courbes ; mais comme ces loix de la pesanteur n'ont sans doute pas lieu dans la nature, ce sont de pures considérations géométriques qui ne sont pas de notre objet.

ſont différentes, mais le réſultat de la totalité des effets eſt le même dans l'ellipſe que dans le cercle ; à la fin de la révolution, le corps a fait un tour entier. Eclairciſſons cette conſidération par un exemple ; ſuppoſons qu'une planete ſoit attachée à une longue verge, fixée au centre du ſoleil, & mobile autour de lui, ſuppoſons que cette verge faſſe une révolution entiere, en conſervant la même dimenſion & le même mouvement, il en naît une force centrifuge qui ſera d'autant plus petite que la verge ſera plus longue ; voilà pour le mouvement circulaire. Mais on peut imaginer que la longueur de la verge varie, & qu'elle diminue dans une demi-révolution pour augmenter dans l'autre : qu'arrivera-t-il alors ? Le mouvement, en tant que gyration, n'eſt point changé, les effets doivent reſter les mêmes, il doit toujours y avoir force centrifuge ſeulement, comme la longueur de la verge eſt variable, la planete à chaque pas commencera un nouveau cercle d'un rayon ou plus petit, ou plus grand, la force centrifuge augmentera ou diminuera en conſéquence, & dans tout le cours de la révolution, elle ſera variable auſſi-bien que la peſanteur. La planete part de ſa plus grande diſtance avec la plus petite force centrifuge, la peſanteur plus grande a l'avantage, mais cet avantage diminue à meſure qu'elle rapproche la planete ; car la force centrifuge croît d'une part en conſéquence d'un plus petit rayon, & de l'autre parce que la planete rapprochée ſe meut avec plus de vîteſſe (a) : la force centrifuge augmente par ces deux raiſons, elle l'emporte à ſon tour ſur la peſanteur, & elle garde cet avantage pendant l'autre demi-révolution, juſqu'à ce que la peſanteur ait repris le premier aſcendant avec lequel elle a commencé la révolution. Cette compenſation alternative,

(a) *Suprà*, p. 460.

ce mécanisme est admirable, il annonce la sagesse qui a présidé à l'univers. Tout ce qui est force est à la fois un principe de production & de destruction ; c'est par l'opposition de la force à la force, c'est par l'équilibre que tout subsiste ; tous ces effets, tous ces résultats des phénomènes sont démontrés. Nous discuterons bientôt le principe de l'attraction dont nous décrivons les conséquences, mais ce principe une fois admis, ces conséquences ne souffrent ni doute, ni incertitude, ce sont des vérités qui découlent naturellement, & sans effort, d'une premiere vérité admise.

§. XVI.

Dès que l'attraction est proportionnelle à la quantité de matiere, on conçoit facilement que le volume & la grandeur des corps célestes ne paroissant pas varier, la quantité de matiere reste la même, & que la force centrale n'éprouve pas de diminution ; rien ne peut déranger à cet égard les ressorts du mouvement. Mais la force uniforme, qui a été une fois imprimée, il faut nous dire ou comment on la renouvelle, ou comment elle persévere sans être renouvelée ? Cette question naît de ce que nous jugeons de l'univers par ce qui nous entoure. Nous sommes dans un monde où les destructions sont successives & rapides ; dans le grand univers ces destructions, si elles ont lieu, ne peuvent être qu'infiniment lentes. Le mouvement ne se perd dans un corps que parce qu'il se communique à un autre ; pour qu'il se perde, pour qu'il se transmette, il faut qu'il y ait résistance. C'est ce qui arrive aux corps que nous lançons dans l'atmosphere, l'air résiste à leur passage, il consume leur force & les en dépouille peu à peu ; on conçoit que cette résistance doit être proportionnée à la densité de l'air, à l'épaisseur du milieu traversé.

Mais cet air n'eſt épais que près la ſurface de la terre, les vapeurs peſantes ne s'élevent pas bien haut dans un fluide ſi leger; d'ailleurs cet air, quoique leger, peſe encore, les couches inférieures ſont chargées du poids des ſupérieures, & en conſéquence elles ſont plus ſerrées & plus réſiſtantes. La réſiſtance doit donc diminuer à meſure qu'on s'éloigne de la ſurface de la terre & des planetes. Newton a calculé qu'à la hauteur d'environ ſoixante-dix lieues l'air devoit être ſoixante & quinze millions de millions de fois plus rare qu'à la ſurface de notre globe; il eſt probable que dans les eſpaces qui nous ſéparent des planetes, on ne rencontreroit qu'un fluide encore plus rare. Mais en le ſuppoſant tel qu'il eſt à ſoixante-dix lieues d'élévation, ſi le mouvement de Jupiter s'y accompliſſoit, cette planete perdroit à peine la millionieme partie de ſon mouvement en un million d'années. On ne peut diſconvenir qu'une telle réſiſtance & la perte qui en réſulte, ſont abſolument inſenſibles; le fluide, s'il en eſt dans ces eſpaces, eſt, quant aux effets obſervables, abſolument comme s'il n'exiſtoit pas: auſſi Newton, éclairé par un profond travail ſur la réſiſtance des milieux, & ſur les mouvemens qui s'y exécutent, a-t-il établi que les planetes ſe mouvoient dans le vide, puiſque les mouvemens continuent ſans déchet, & que les phénomènes ſe perpétuent ſans changement.

§. XVII.

Non ſeulement Newton a déduit de la forme elliptique des orbites, que les planetes tendoient vers le foyer par une force inverſement proportionnelle au quarré de la diſtance, mais un autre phénomène lui a donné une confirmation démonſtrative de la loi des variations de cette force. Newton trouva par la géométrie que ſi la force centrale ne varioit pas exac-

tement dans cette raison, la ligne des absides auroit un mouvement autour du soleil, comme Képler l'avoit annoncé (*a*) : pour peu que cette raison soit différente & s'approche de la raison inverse des cubes, les apsides avanceront sensiblement; si les variations de la pesanteur étoient dans une raison moindre que celle des quarrés, les absides reculeroient (*b*). Les astronômes, dans le tems de Newton, n'étoient pas d'accord sur le mouvement des apsides des planetes, les uns le nioient, les autres l'adoptoient : il s'ensuit que si ce mouvement existe, il ne peut être que petit & très-lent; l'attraction ne différoit donc qu'insensiblement de la loi du quarré des distances. Newton établit l'existence absolue de cette loi, & l'immobilité de la ligne des absides, du moins pour les six grandes planetes qui circulent autour du soleil. Lorsque dans la suite ce mouvement se manifesta par des observations plus exactes, on voulut l'opposer comme un argument, contre la théorie de Newton, mais ceux qui faisoient cette objection n'entendoient pas sa théorie; dans les cas où ce mouvement est le plus sensible, si la force de la pesanteur est altérée, Newton va montrer que la loi subsiste, en dérivant de sa loi même la cause des altérations.

§. XVIII.

Si au contraire cette ligne des absides étoit dans un repos absolu, on pourroit croire que l'attraction est en défaut, on pourroit en conclure que ce n'est point une loi générale & réciproque, qui unit tous les corps & tous les systêmes de corps de l'univers par un lien puissant. Newton étoit si persuadé de la réciprocité de la pesanteur, qu'il a ôté au soleil

(*a*) *Suprà*, p. 74.

(*b*) Newton, *Princ. math.* Liv. I, prop. 45.

l'immobilité que Copernic & Galilée lui avoient rendue. Ce n'eſt point réellement autour de lui que nous nous mouvons, c'eſt autour du centre de gravité de tous les corps céleſtes. Ce point eſt le point d'appui du monde, c'eſt là que tous les corps ſe balancent; là réſide le repos que les anciens avoient accordé à la terre. Newton dans ſa penſée, a arrêté pour un moment le mouvement de la machine, il a imaginé un levier dont une extrémité porteroit le ſoleil, tandis que toutes les planetes ſeroient réunies en maſſe à ſon autre extrémité, il a cherché par quel point il faudroit ſuſpendre ce levier pour que tout fût en équilibre; & lorſqu'il a rendu le mouvement, lorſqu'il a dit aux planetes de marcher, elles ont décrit des orbes, des ellipſes autour de ce point. Le ſoleil lui-même avec ſa maſſe peſante & majeſtueuſe, eſt aſſujetti à la deſtinée univerſelle; il cede mais peu, & en raiſon de ſa puiſſance; il ne décrit qu'une très-petite ellipſe autour de ce point, mais il eſt mu du mouvement général, & quelle que ſoit ſa grandeur, il donne l'exemple de l'obſervation des loix. Qu'on ne croye pas que ce point ſans étendue & ſans force, régiſſe l'univers, ce ſeroit retomber dans les abſurdités des anciens; ce point n'a par lui-même aucune influence, il n'y a que les corps qui ſoient agiſſans: ſemblable à ce point, le point d'équilibre d'une balance eſt indifférent au mouvement, il le ſouffre, il en eſt le centre; mais il n'influe point ſur les poids qui montent & deſcendent autour de lui. Cette grande vue de Newton eſt une conſéquence rigoureuſe de ſes principes; elle n'empêche pas que le ſoleil ne ſoit dans un repos ſenſible. Le point d'appui de cet immenſe levier eſt dans le globe du ſoleil même, le centre de l'aſtre, à la vérité ſe déplace & tourne autour de ce point; mais il ne nous eſt point permis de nous en appercevoir. Les effets de ce mouvement

s'anéantiſſent par la diſtance, le ſoleil à nos yeux conſerve le repos qui ſemble faire ſa dignité; & les apparences ſont les mêmes que ſi nous & toutes les planetes tournions autour de ſon centre.

§. XIX.

Si les planetes, en conſéquence de l'attraction univerſelle des parties de la matiere, peuvent étendre leur action juſqu'au ſoleil, pour déplacer cette maſſe énorme, à plus forte raiſon doivent-elles avoir une action ſenſible les unes ſur les autres; les forces qui font circuler un corps autour d'un centre, ſont à chaque inſtant altérées par d'autres forces qui tirent ce corps vers d'autres points. Ce n'eſt plus un mouvement ſimple, c'eſt un mouvement compoſé de toutes ces forces & de toutes ces directions; le mouvement de chaque atôme de la matiere tient à tous les atômes de l'univers: le principe ſimple de l'attraction produit, en conſéquence de la multiplicité des êtres, la variété infinie des phénomènes; une grande complication naît d'une cauſe unique. Mais le principe qui peut ſuivre cette complication dans ſes détails, qui peut rendre compte de chaque effet particulier, & de tous les effets les uns après les autres, eſt appuyé d'une part ſur la ſimplicité de la cauſe, qui eſt au moins vraiſemblable comme hypothèſe, & de l'autre ſur cette multitude d'effets, qui ne peuvent être enchaînés que par la cauſe réelle dont ils dépendent, & que la vérité ſeule peut expliquer.

Il faut donc examiner en détail toutes les forces des planetes, pour déterminer les effets de leur action mutuelle; s'il en eſt un qui ſoit contraire aux phénomènes obſervés, le principe de l'attraction ſera en défaut, & nous pourrons douter de ſa légitimité. Mais ſi ce principe dévéloppé nous donne pour

pour conséquence tous les faits connus de la nature, nous dirons, le génie de Newton nous a revélé le véritable ressort du mouvement. Dès que Newton a vu que les planetes, par leur attraction, pouvoient se déranger mutuellement dans leur cours, & s'écarter de la route simple & elliptique que Képler leur avoit tracée, il a dû jeter ses premiers regards sur la lune, sur cette planete bizarre dont les anciens astronômes de l'Asie avoient reconnu la marche inégale. Hypparque, Ptolémée, Tycho, Képler lui avoient découvert chacun une inégalité différente. Au tems de Newton, elle en avoit quatre bien constatées, tandis que les autres planetes plus constantes n'en ont qu'une. La ligne des absides de la lune a un mouvement assez rapide; cette ligne répond à différens points du ciel, & fait une revolution entiere en huit ans & trois cent neuf jours; c'est ce que les anciens Chaldéens nommoient la révolution de l'inégalité. Les nœuds de cette planete, les points où son orbite inclinée coupe l'écliptique, rétrogradent constamment sur ce cercle, & le parcourent en dix-huit ans & deux cent vingt-quatre jours.

Aucune planete n'est assujettie à des changemens si variés & si multipliés; Newton, dans toutes les autres, n'avoit à chercher que l'accomplissement des loix de Képler, & son principe avoit été d'accord avec la nature pour les donner. Ces loix paroissoient continuellement violées dans l'orbite de la lune; elles l'étoient par des actes infiniment sensibles : ce ne pouvoit être que l'ouvrage d'une action très-puissante; Newton y reconnut la force solaire. Képler avoit déjà soupçonné que l'action du soleil s'ajoutoit à celle de la terre pour faire mouvoir la lune & pour la déranger (a): mais la nature soupçonnée n'est pas convaincue, nous ne devons la juger que sur des preuves;

(a) *Suprà*, p. 113.

Newton démontra que les loix générales ne paroiſſent violées dans les mouvemens de la lune que par une conſéquence du principe univerſel.

§. XX.

La lune obéit à la terre en tournant autour d'elle, la terre obéit de même au ſoleil ; mais on juge bien que la lune n'échappe pas à l'aſtre qui a ce pouvoir ſur la terre, il les ſaiſit avec un pouvoir égal : s'il étoit aſſez éloigné pour les tirer toutes deux comme par des cordes parallèles, il les approcheroit de lui toutes deux également ; la poſition de la lune à l'égard de la terre ne ſeroit point changée ; ſon mouvement ne ſeroit point troublé. Mais les lignes menées des centres de la terre & de la lune au ſoleil, où, s'il eſt permis de ſe ſervir de cette expreſſion, les cordons attractifs ſont inclinés l'un à l'autre, & forment un angle au centre de cet aſtre ; c'eſt de cette inclinaiſon que naît l'altération du mouvement de la lune (*a*). Si l'on ſe rappelle qu'une force ſuivant une direction, peut toujours être décompoſée en pluſieurs autres & ſuivant différentes directions, on verra que Newton conſidérant la force du ſoleil pour attirer la lune, a pu la décompoſer dans le ſens des deux forces, qui font circuler la lune autour de nous ; ſavoir, dans le ſens de la force centrale

---

(*a*) Le ſoleil tire la terre (*fig.* 26) ſuivant la direction ST, & la lune ſuivant LS, qui font un angle en S. La force du ſoleil ſur la lune, agiſſant ſuivant la direction LS ou LO, peut toujours être décompoſée en deux autres forces (*Suprà*, pag. 80, & Tom. I, p. 327) ; ſi l'on mene HL parallèle à ST, les forces ſuivant LM & LN, ſeront équivalentes à la force ſuivant LO. On peut donc repréſenter l'effet de cette derniere force par celui de deux autres forces, dont l'une pouſſe la lune vers la terre, en s'ajoutant à l'attraction de la terre ; cette attraction ſera donc modifiée, tantôt augmentée, tantôt diminuée par celle du ſoleil : l'autre force eſt celle ſuivant LN, elle ſe décompoſe encore, mais il eſt inutile d'entrer ici dans cette explication. On voit qu'en L, où la lune va vers B, la force LN tend à précipiter ſon mouvement ; en L, où la lune va vers A, la force LN tend à le retarder.

qui pouſſe la lune vers la terre, & dans la direction de la force uniforme qui eſt toujours tangente à ſon orbite. Ce qui caractériſe les hommes ſupérieurs, c'eſt le talent de réduire les queſtions au plus grand point de ſimplicité; ainſi par cette décompoſition, Newton, malgré l'action étrangere du ſoleil, pouvoit conſidérer le mouvement de la lune comme toujours produit par deux forces: ces forces ſont ſeulement différentes de ce qu'elles ſeroient, ſi le ſoleil n'avoit pas d'influence. Mais ce qui rend le problême infiniment difficile, c'eſt que les aſpects relatifs du ſoleil & de la lune changeant à chaque inſtant, ces forces ſont à chaque inſtant diverſement altérées. Newton oſa entrer dans le labyrinthe de ces variations ſucceſſives & compliquées, il avoit inventé le calcul différentiel, il marchoit à ſa lumiere.

§. XXI.

Nous allons examiner ce qui réſulte des altérations de ces deux forces. On ſe rappelera que ſuivant la démonſtration de Newton, les apſides des planetes ne peuvent être immobiles que lorſque la force dirigée au centre eſt exactement dans la raiſon inverſe du quarré des diſtances. Dès que cette force eſt altérée, cette ligne devient mobile, & par un mouvement progreſſif d'autant plus rapide que l'altération eſt plus conſidérable. C'eſt un des effets qui réſultent de l'action du ſoleil ſur la lune; la force qu'il exerce ſur elle, décompoſée ſuivant la direction de cette planete vers nous, eſt une addition à la force qui l'y attire ſans ceſſe. La ligne des apſides de la lune doit donc avoir un mouvement. Il paroît que Newton, occupé de tant de recherches importantes, étonné de la foule des vérités qui ſe préſentoient à lui, & ne pouvant les conſidérer toutes à la fois, s'eſt contenté de cet accord de ſa théorie avec les

phénomènes (*a*). Les obſervations apprennent la révolution des apſides de la lune ; la théorie leur preſcrit en effet de s'avancer progreſſivement le long de l'écliptique : il s'agiſſoit encore de comparer les quantités, & de voir ſi les effets connus étoient conformes aux loix preſcrites.

L'autre force, née du ſoleil & ajoutée à la force uniforme, toujours tangente à l'orbite, exerce donc ſon action dans cette orbite même, & tend à accélérer ou à retarder la vîteſſe. On voit que lorſque la lune eſt pleine & au-delà de la terre dans ſon opposition au ſoleil, & quelle marche vers lui, la force de cet aſtre doit accélérer ſon mouvement, elle doit le retarder, lorſque la lune allant de la conjonction à l'oppoſition, marche en s'éloignant du ſoleil (*b*). Nous n'entrerons point dans le détail de la maniere dont les différentes équations du mouvement de la lune s'expliquent par la théorie de la gravité ; Newton n'a fait qu'ébaucher cette partie, ce ſont les géometres du ſiecle préſent qui l'ont portée à ſa perfection. Nous en rendrons compte dans la ſuite de cet ouvrage ; d'ailleurs cette partie eſt celle où Newton s'eſt enveloppé de plus d'obſcurité. Il ſemble avoir caché la route qu'il a ſuivie : on voit qu'il n'a point embraſſé dans ſon entier le problême de déterminer les inégalités de la lune, en conſéquence de la force perturbatrice du ſoleil ; il a voulu montrer ſeulement en général, & par quelques exemples, que ces inégalités pou-

(*a*) La prop. XLV du premier livre des *Principes* donne le mouvement des abſides, qui réſulte d'une addition à la force centrale : Newton n'en a point fait d'application à la lune, du moins dans la premiere édition ; dans les ſuivantes il a montré une ſuppoſition de force, qui donneroit la moitié du mouvement de l'apogée (*Edit. Franc.* T. I, p. 151). Mais il ne fait point entrer dans l'expreſſion de la force l'angle d'élongation de la lune au ſoleil (*Ibid.* T. II, p. 109), & il en naît des difficultés que Newton paroît n'avoir point attaquées. Auſſi n'a-t-il point donné la quantité du mouvement de l'apogée, déduit de ſes principes.

(*b*) *Voyez* la fig. 26.

voient se déduire de la théorie de la gravitation (*a*). Il paroît adopter l'hypothèse d'Horrox (*b*) renouvelée par Halley, qui fait mouvoir le centre de l'ellipse de la lune dans un petit cercle, pour éloigner ce centre & l'approcher de la terre, pour faire varier l'excentricité, & expliquer la seconde équation de Ptolémée qui a lieu dans les quadratures. Cette hypothese est ingénieuse, mais ce ne peut être jamais qu'une hypothèse. Newton sans doute ne l'eût point admise, s'il fût entré plus avant dans la théorie de la lune; il l'a laissé subsister comme une vraisemblance qui peut faire attendre la vérité & tenir sa place. Ces centres, qui roulent dans des cercles, tenoient encore de l'ancienne astronomie de Ptolémée; cette hypothèse ne peut être que mathématique, & propre à représenter les apparences; ce n'est point la raison de ces apparênces, ce n'est point une cause physique : au tems de Newton, qui dériva tous les effets des forces de la matiere, les points sans étendue ne pouvoient plus avoir ni influence, ni mouvement. Mais il seroit injuste de croire que Newton, dans ses recherches mathématiques sur les mouvemens de la lune, n'a fait qu'adopter les quantités données par les astronômes, & deduites des observations. Il a rendu raison de la troisieme équation de Tycho, qui a lieu dans les octans (*c*); il a montré que l'équation annuelle apperçue par Tycho, Képler, Horrox & Halley, & long-tems confondue avec l'équation du tems, étoit un véritable changement dans la vîtesse de la lune, changement produit par la translation de la terre autour du soleil, laquelle s'approchant plus ou moins de cet astre, expose plus ou moins à son action la lune qui la suit (*d*). Il a déduit

(*a*) Princ. math. L. III, prop. 35, Scholie.
(*b*) *Suprà*, p. 155.
(*c*) Liv. III, Prop. XXIX, p. 63.

(*d*) Newton ne parle point de cette équation & des autres plus petites dans sa premiere édition. Il paroît qu'en 1686, il ne

des mêmes principes plusieurs petites équations, qui n'avoient point encore été apperçues, & qui étoient réellement trop petites pour que l'observation pût démêler leur quantité confondue avec celle des grandes équations (*a*).

§. XXII.

NEWTON a prouvé lui-même qu'il avoit été guidé par la théorie dans cette recherche; on peut suivre sa marche lorsqu'il traite les variations du plan de l'orbite de la lune (*b*). Nous avons décomposé la force du soleil sur cette planete, mais nous avons exécuté cette décomposition dans le plan même de cette orbite; on conçoit que le soleil, immobile dans l'écliptique, tirant à lui la lune, toujours dans son orbite inclinée, & presque toujours au-dessus ou au-dessous de l'écliptique, ne peut l'approcher de lui sans la faire sortir du plan de son orbite, sans faire descendre la planete vers l'écliptique. La théorie de Newton lui enseigna qu'il résultoit deux effets de ce changement, l'un de déplacer l'orbite, & de changer les points où il coupe l'écliptique, l'autre d'abaisser ou d'élever le plan même de cette orbite, & d'en altérer l'inclinaison. Cette théorie lui donna le mouvement rétrograde de ces nœuds de la même quantité que les observations l'indiquent; leur révolution se fait en 18 ans & 224 jours, & l'inclinaison est variable périodiquement dans une étendue d'à peu près 18 minutes (*c*), comme Tycho l'avoit annoncé (*d*). Si Newton n'a point donné le véritable mouvement de l'apogée,

s'en étoit pas encore occupé. Cette partie des recherches de Newton n'a paru qu'en 1702 dans l'Astronomie de Gregori, & ensuite dans la seconde édition des *Principes* en 1713.

(*a*) Princ. mathém. édit. Franc. Tom. II, p. 106 & 108.

(*b*) *Ibid.* p. 104.

(*c*) *Ibid.* Liv. III, Prop. XXXII & XXXV.

(*d*) *Suprà*, Tom. I, p. 400.

s'il n'a point expliqué en détail toutes les équations connues du mouvement de la lune, & si dans ses mains cette théorie n'est point sortie, pour ainsi-dire, d'un seul jet du principe de la gravité, c'est que la nature a placé des limites à tous les êtres & à tous les esprits, même aux plus vastes, pour le nombre des idées. Newton qui a parcouru la plus longue & la plus glorieuse de toutes les carrieres, a montré assez de choses qu'on n'avoit point soupçonnées avant lui; il étoit naturel en conséquence de ces limites qu'il ne vît pas tout, & qu'il laissât quelque chose à ceux qui viendroient après lui. Mais quoique la théorie de la lune ne fût encore qu'ébauchée, Newton dût voir avec une grande satisfaction que cette planete rébelle ne se refusoit point à ses loix; elle ne se dérange au contraire que pour manifester l'universalité de l'attraction. Non seulement les principales inégalités sont évidemment nées de cette cause, mais la planete est assujettie à deux autres dérangemens, le mouvement de l'apogée & celui du nœud, qui sont les caracteres distinctifs & les conséquences nécessaires du principe de la gravitation universelle. Ainsi, quand même le siecle suivant n'auroit point perfectionné cette partie négligée de l'empire que Newton s'étoit formé dans la nature, cet empire n'en étoit pas moins solidement établi : Newton n'en voyoit pas moins clairement que le cours tranquille & réglé des planetes annonçoit leur gravitation vers un centre; & que la marche toujours troublée, toujours irréguliere de la lune, démontroit l'universalité de cette gravitation, & sa tendance inégale vers différens centres inégalement éloignés.

§. XXIII.

PENDANT que Newton étoit occupé de ces recherches profondes dont il suivit, dont il médita long-tems les principes

& les conséquences, Picard mesuroit la terre, Huygens donnoit la mesure des forces centrifuges dans le cercle, & Richer, revenu de Caïenne, rapportoit l'accourcissement du pendule à l'équateur. L'Académie des sciences de Paris y trouva la confirmation du soupçon, que la pesanteur pouvoit être diminuée sous l'équateur, à cause d'une plus grande force centrifuge, & la chûte des corps rallentie. Newton, en adoptant l'expérience & l'explication, fut éclairé par ce fait de la nature, & il en tira des conséquences dignes de son génie. Huygens *(a)* eut l'avantage de se rencontrer avec lui; ils apperçurent que la terre devoit être aplatie aux pôles, & plus élevée dans les régions de l'équateur : tous deux ont pensé que cette diminution de la gravité, manifestée par les corps terrestres détachés & libres de tomber, avoit eu la même influence sur les parties constituantes du globe, parties liées par la cohésion pour composer la masse solide. Newton & Huygens trouverent que la force centrifuge à l'équateur étoit la deux cent quatre-vingt-neuvieme partie de la pesanteur; la pesanteur est donc diminuée de cette quantité : un corps qui peseroit deux cent quatre-vingt-neuf livres sous le pôle de la terre, n'en peseroit plus que deux cent quatre-vingt-huit à l'équateur.

La surface de la terre est dans sa plus grande partie couverte par les mers : les eaux que la moindre inclinaison fait couler & changer de place, paroissent tenir cette mobilité du peu de cohésion de leurs molécules; elles sont toujours prêtes à obéir à la plus légere impression, parce qu'elles n'ont point

(a) Huygens est parti de ces deux principes, que la pesanteur primitive jadis fut dirigée au centre, & que la pesanteur altérée par la force centrifuge est aujourd'hui perpendiculaire à la surface, comme les faits l'indiquent. Newton suppose que la pesanteur primitive résulte de l'attraction de toutes les parties de la terre, & que les colonnes centrales sont en équilibre, sans égard à la perpendicularité à la surface.

cette

cette union intime, qui produit une forte résistance. La diminution de la pesanteur, ou l'action de la force centrifuge, qui tend à éloigner les corps du centre, a dû se manifester dans ces fluides, & avoir élevé les eaux de l'équateur. Qu'on imagine deux canaux remplis d'eau, qui se communiquent au centre de la terre, & qui partent tous deux de ce centre pour aboutir à la surface, l'un au pôle, l'autre sous l'équateur (*a*). Il est clair que les eaux contenues dans le canal qui aboutit à l'équateur, pesant moins que celles qui sont dans l'autre canal, doivent compenser par le nombre ce qu'elles perdent par le poids, afin que l'équilibre puisse s'établir. Si le second canal contient 288 parties d'eau, le premier en doit contenir à-peu-près 289 qui ne pesent pas plus que les 288 & qui leur font équilibre. Il faut donc que le canal, la colonne de l'équateur soit allongée d'une 289ᵉ partie. Voilà la proposition simple & générale de la géométrie : mais il n'est pas nécessaire pour cet équilibre, que les canaux se prolongent de la surface au centre de la terre; quelle que soit la profondeur de l'Océan vers l'équateur, les mers les moins profondes vers le pôle leur font équilibre. La nature a marqué un contour, un niveau, qui est à distance égale du centre; ce niveau des eaux résulte de la pesanteur, elles ne doivent pas le passer. Mais lorsque la pesanteur diminue à l'équateur, les eaux doivent s'y élever pour balancer celles du pôle qui pesent davantage. Cette élévation est considérable; on verra qu'elle est de plusieurs lieues. Le gonflement n'a pas eu lieu seulement pour les eaux, il faut que les parties solides du globe aient obéi à la même action, il faut que les terres, les continens de l'équateur se soient élevés dans la même proportion, sans quoi les eaux gonflées, & sortant du

(*a*) Voyez la figure 17.

lit de l'Océan, auroient inondé les plaines & couvert les plus hautes montagnes; cette région de la zône torride, qui avoisine l'équateur, n'auroit été qu'une vaste mer. Les Indes, les continens de l'Afrique & de l'Amérique témoignent que cette révolution n'est pas arrivée, & que les terres sont montées pour se défendre contre les invasions de l'Océan. Il est donc évident que toutes les parties du globe ont été remuées dans sa profondeur par la force centrifuge, née de sa rotation; elles se sont déplacées, elles se sont éloignées de l'axe du mouvement pour obéir à cette force : leur déplacement a été plus marqué à l'équateur, où la force est la plus grande, & la terre entiere a changé de forme.

§. XXIV.

On sent que la gravité universelle qui anime la matiere, lui est bien plus essentielle que le mouvement de rotation sur son axe. On conçoit que la terre pourroit cesser de tourner sur elle-même; on conçoit que ce mouvement a pu ne pas exister, mais on n'imagine pas de corps sans pesanteur : la forme du globe, qui résulte de cette pesanteur, est donc la forme premiere. Un amas de molécules douées d'une attraction mutuelle, cherchant toutes à s'approcher du centre, ont dû nécessairement s'arranger en globe. On en a la preuve en petit dans les gouttes d'eau qui sur un plan horizontal prennent une forme hémisphérique, & plus évidemment encore dans le mercure, dont les gouttes répandues sur un plan se forment en petits globes. Cette figure est donc la figure primitive de la terre; elle a dû être ronde & sphérique, avant que le mouvement de rotation ait commencé (a). Les graves tomboient

(a) Nous n'entrons point ici dans une question insoluble, qui seroit celle de savoi

alors vers le centre, & perpendiculairement à la ſurface. Aujourd'hui que la forme eſt changée, la perpendicularité de la chûte eſt conſervée ; les corps, rigoureuſement parlant, ne tendent donc plus au centre de la terre ; ce dérangement eſt l'effet de la force centrifuge. Huygens ſaiſit ces deux principes de la tendance primitive & de la tendance altérée, & il en déduiſit la figure de la terre. On juge bien que cette figure s'éloigne peu de la ſphere, l'axe qui paſſe par les pôles eſt plus court d'une 578ᵉ partie que le diametre de l'équateur, & la ſurface du globe ſuit une certaine courbure déterminée par la géométrie de Huygens. Newton, qui avoit pénétré plus avant dans les principes des choſes, ne ſuppoſe que l'attraction univerſelle ; il ne s'embarraſſe pas ſi les graves tombent perpendiculairement à la ſurface, c'eſt un effet, un phénomène ; Newton remonte aux cauſes & aux loix de la nature, les effets en découleront d'eux-mêmes. Il ne ſuppoſe que cette attraction réciproque des molécules, & l'équilibre des canaux ou des colonnes, équilibre néceſſaire pour que tout ſe conſerve, & pour que la terre ait une figure conſtante.

Il ſembleroit d'abord que la terre devroit être élevée à l'équateur d'une 289ᵉ partie, en conſéquence de l'équilibre des deux canaux. Mais ces deux canaux n'exiſtent pas ſeuls ; la force centrifuge, qui s'exerce en croiſſant depuis le pôle juſqu'à l'équateur, agit ſur toutes les colonnes appuyées ſur le centre : toutes les molécules ſe déplacent, leurs diſtances, leurs relations mutuelles changent ; & dès que la figure ſphérique &

ſi le mouvement de rotation de la terre a toujours exiſté. Nous ſéparons les effets de la peſanteur de ceux de la force centrifuge, pour qu'ils ſoient plus ſimples & plus faciles à ſaiſir. Les effets de la peſanteur doivent être conſidérés les premiers, parce qu'eux ſeuls ſont réellement eſſentiels à la matiere. Mais lorſque la matiere a exiſté, elle a pu s'arranger en conſéquence de ces deux forces, ſans que l'une ait agi avant l'autre, & il en a réſulté la même forme que ſi la peſanteur eût d'abord agi ſeule.

primitive eſt altérée, les forces réſultantes de l'effort de toutes les parties ne ſont plus les mêmes. Newton vit par la lumiere du calcul que l'aplatiſſement de la terre au pôle, ou ſon renflement à l'équateur étoit plus grand, & devoit être évalué à une 230e partie. Il a ſuppoſé deux choſes pour parvenir à ce réſultat: l'une que la forme du globe étoit réguliere, & celle d'un ſphéroïde; l'autre que la terre, qui renferme dans ſon ſein tant de ſubſtances différentes, étoit cependant homogène. La premiere de ces ſuppoſitions paroît naturelle, il ſemble qu'un mouvement ſimple & uniforme comme celui de la terre autour de ſon axe, ne peut, en altérant la forme primitive, donner au globe que la forme la plus ſimple & la plus réguliere, & en même tems la plus approchante de la ſphere, qui eſt celle du ſphéroïde. Mais Newton n'a point démontré la légitimité de cette ſuppoſition (*a*); la nature peut ſeule nous aſſurer de la ſeconde. Dans les fouilles de nos mines les plus profondes, nous ne faiſons qu'effleurer la ſurface de la terre; il ne nous eſt pas permis de pénétrer dans l'intérieur de ſon ſein pour viſiter les ſubſtances qui le compoſent, & nous aſſurer qu'elles ſont de la même nature. Ce ſont les phénomènes, les faits extérieurs de la terre, qui peuvent nous inſtruire de ce qui exiſte dans les abîmes de ſa profondeur. L'aplatiſſement eſt un de ces faits; la terre ſuppoſée par tout également denſe, il doit être d'une 230e partie. Si les hommes le meſurent, le déterminent jamais par obſervation (*b*), & qu'il ſe trouve plus grand (*c*); ce ſera une preuve ſuivant Newton, que le globe de la terre eſt compoſé de parties hétérogènes amoncelées, ce qui eſt très-vraiſemblable.

(*a*) Elle n'a été démontrée que par Monſieur Clairaut dans ſon traité de la figure de la terre.

(*b*) Il a été méſuré en 1736 par les François.

(*c*) Livre III, propoſ. XX, M. Clairaut a prouvé au contraire que la terre n'étant pas homogène, l'applatiſſement devient moindre.

Edit. Franç. Comment. p. 62.

§. XXV.

Il résulte de cette découverte une confirmation de la gravité universelle. Les anciens avoient toujours cru que la pesanteur étoit dirigée au centre de la terre, & il sembloit que c'étoit pour se conformer à cette direction que les corps tomboient perpendiculairement à la surface ; Newton même avoit tiré de ses principes la preuve de cette vérité. Les corps doivent tomber par des lignes perpendiculaires, & tendre au centre de la terre sphérique ; mais lorsque la figure change, cette tendance est dérangée : la gravité combinée de toutes les parties du sphéroïde forme une direction résultante, qui ne porte plus les corps au centre. Cette tendance s'en éloigne d'autant moins, que la figure du sphéroïde differe moins de celle de la sphere ; mais quelque peu que la tendance s'en écarte, c'est un changement qui peut être remarqué dans ses effets. Or les phénomènes répétés tous les jours nous démontrent que les corps tombent réellement par des lignes perpendiculaires à la surface ; & lorsque cette surface est celle d'un sphéroïde, les lignes perpendiculaires ne tendent plus au centre, elles concourent vers différens points, & vers un petit espace qui devient le centre de tendance. Le principe, qui a annoncé cet écart manifesté par les observations, est donc une vérité. Si les graves ne vont plus au centre de la terre, c'est leur gravité même qui les en empêche.

Un simple phénomène, tel que celui du retardement des horloges dans un certain climat du monde, & l'accourcissement nécessaire du pendule, avoient fait connoître ces changemens, avoient dévoilé la figure de la terre. Telle est la liaison des phénomènes ; la nature est une, & les faits se répondent dans sa vaste étendue ! Le privilége du génie est d'appercevoir cette correspon-

dance, & son sort est souvent de n'être pas cru lorsqu'il l'annonce; elle existe dans sa pensée avant d'exister pour son siecle. Newton étoit à une telle hauteur que les hommes ne pouvoient l'entendre; on admiroit ses recherches, on doutoit de ses résultats. Il a fallu du tems & de longues études pour comprendre Newton, & se rendre digne de recevoir ses leçons. La figure de la terre étoit cependant une vérité mathématique. Mais les hommes, qui ne sont pas rassurés par le génie, sont timides quand il s'agit de partir d'un principe pour juger la nature; ils craignent toujours qu'elle n'ait d'autres principes inconnus, dont les effets opposés détruisent les conséquences qu'on leur présente; ils en appellent à l'observation, qui est faite pour tous les hommes, parce qu'elle parle aux sens.

Ce résultat de la figure aplatie de la terre étoit conforme à l'expérience. Jupiter est visiblement aplati par ses pôles; ce qui existe dans une planete est possible dans une autre; & les raisons de croire que la même matiere se rencontre partout, avec les mêmes propriétés, avec les mêmes formes, nées de ces propriétés, doivent faire penser que la force qui a comprimé le globe de Jupiter, peut avoir altéré le nôtre. Jupiter doit cette figure aux mêmes causes, il est composé d'une matiere pesante, capable d'attirer ses satellites, comme celle de la terre est capable d'attirer la lune; Jupiter & la terre se meuvent sur leur axe, l'un & l'autre doivent être soumis à la force centrifuge, qui plus grande à raison d'une rotation plus rapide dans le globe de Jupiter, y doit produire un aplatissement plus sensible : aussi les observations nous indiquent-elles que l'aplatissement de cette planete est entre un 10e & un 14e. Newton trouva par la géométrie que le rapport des diametres devoit être celui de 10 à 9, ce qui est conforme à la premiere de ces déterminations; il imaginoit même que

cet aplatiſſement pouvoit ſe rapprocher de la ſeconde, en ſuppoſant que la denſité de Jupiter étoit plus grande à l'équateur, où la matiere, toujours expoſée aux rayons du ſoleil, devoit être plus ſerrée, & pour ainſi-dire, plus cuite (*a*). En moins d'eſpace, il en pouvoit tenir aſſez pour faire équilibre à la matiere plus peſante des pôles.

§. XXVI.

La terre eſt donc un ſphéroïde, & ſa figure reſſemble à celle d'un œuf; Varron en avoit déjà fait la comparaiſon (*b*), ſans doute en conſéquence de quelques idées ſuperſtitieuſes des anciens. La théologie païenne ſuppoſoit que le monde étoit ſorti d'un œuf; ce n'eſt pas la premiere fois que l'ignorance & le profond ſavoir, par des chemins oppoſés, ſont arrivés aux mêmes réſultats.

Cette protubérance de la terre à l'équateur eſt comme une ceinture dont elle eſt enveloppée : il ſemble que notre globe ſoit entouré d'un anneau, d'une zône excédente de matiere. On ſuit Newton en admirant la fécondité de ſes vues & le bonheur de ſa deſtination, qui l'appeloit à expliquer tous les myſteres de la nature. Newton conçut que la terre ainſi figurée ne devoit plus éprouver la même attraction des corps céleſtes; elle n'eſt plus un globe, dont tous les points de la ſurface ſont également éloignés du centre; elle a des parties qui donnent plus de priſe, & qui doivent être différemment attirées. Il falloit en ſuivre les effets, & l'eſprit apperçoit d'abord que ces effets doivent être très-compliqués. Mais le génie a une vue qui ſimplifie tout, & les objets s'éclairent à cette lumiere. Newton avoit déjà fait un grand pas vers la ſimplicité, en

(*a*) Liv. III, Propoſ. 19.

(*b*) *Suprà*, Tom. I, p. 496.

considérant cette protubérance de l'équateur comme une partie détachée du globe, comme un anneau qui éprouve une action particuliere. Il rendit le problême encore plus simple, plus accessible à l'intelligence humaine, en ne considérant qu'un point de cet anneau. Nous pouvons nous représenter ce point par une montagne placée à l'équateur, s'élevant & dominant sur le globe. Cette montagne est emportée par la rotation de la terre, & tourne autour de son centre en vingt-quatre heures, comme la lune y tourne en un mois; elle passe devant le soleil, & se trouve entre lui & la terre, comme la lune lorsqu'elle est nouvelle; la montagne ensuite s'en éloigne, & minuit la rencontre à l'opposite de cet astre, comme la lune s'y rencontre elle-même lorsqu'elle est pleine. Le génie de Newton ne vit point de différence entre cette montagne & la lune; cette montagne est un satellite de la terre, qui décrit un plus petit orbe, & avec plus de vîtesse.

Ce nouveau satellite doit avoir le même sort que l'autre, le soleil a la même influence sur lui; le soleil lui imprimeroit donc les mêmes inégalités qu'à la lune, si ce satellite ou cette montagne ne tenoit pas à la terre par sa racine, avec une force d'adhésion qui résiste à l'action du soleil, & qui anéantit une partie de ses effets. Mais la géométrie profonde de Newton découvrit que la résistance ne les anéantit pas tous; il en est au contraire qui sont assez puissans, ou du moins assez constans pour que la terre, enchaînée à la montagne par son adhérence, soit obligée de céder, malgré sa masse, & forcée de suivre le mouvement particulier de cette petite portion de son globe. Voici comment ce phénomène s'opere. Cette seconde lune, qui tourne autour de la terre en vingt-quatre heures, a pour orbite le cercle même de l'équateur. Rappelons-nous les effets de l'attraction du soleil sur

ſur l'orbite de la lune, ceux-ci ſont ſemblables; le ſoleil placé hors de l'équateur & dans l'écliptique, tirant à lui la montagne dans une direction inclinée, tend à la faire ſortir du plan de l'équateur : mais comme elle eſt inſéparablement uni & à la terre & à ce plan, elle ne peut obéir ſans entraîner avec elle & le plan & la terre même. Il en naît deux phénomènes, l'un que l'interſection du plan ou de l'équateur avec l'écliptique, doit avoir un mouvement rétrograde comme les nœuds de la lune; l'autre que l'angle de ces deux cercles ou l'obliquité de l'écliptique doit varier annuellement, comme l'action du ſoleil fait varier l'inclinaiſon de la lune dans une révolution de ſes nœuds (*a*).

On ſent que la montagne, oppoſant à l'action du ſoleil la réſiſtance de la maſſe de la terre, ne peut avoir qu'un foible mouvement lorſqu'il faut que cette action ſe répartiſſe ſur la maſſe entiere, pour faire marcher le tout à la fois. Mais une action qui ſe répete à tous les momens, dont tous les effets s'accumulent dans le même ſens, quelque petite qu'elle ſoit, avec le tems devient ſenſible. Les nœuds de l'équateur & de l'écliptique, c'eſt-à-dire, les points des équinoxes rétrogradent peu, mais ils rétrograderont toujours. D'ailleurs nous n'avons conſidéré qu'une montagne, qu'un point de l'anneau; & le ſoleil agit réellement comme ſur une ſuite de montagnes qui feroit le tour du globe. Après avoir conſidéré la queſtion ſous ſon point de vue le plus ſimple, nous devons lui rendre ſa complication, pour que le réſultat ait toute ſa vérité; il faut avoir égard à l'anneau entier, & à toute la protubérance qui eſt la plus grande à l'équateur, mais qui s'étend en s'amincissant toujours juſqu'au pôle où elle ceſſe; c'eſt donc par cette multitude d'élévations partielles qu'il faut multiplier l'action du

(*a*) *Suprà*, p. 510.

ſoleil. Newton n'eſt point embarraſſé de ces difficultés, les calculs qu'il a créés lui donnent la même facilité pour traiter les grandeurs, dans leurs détails & dans leurs différences infiniment petites, & pour remonter de ces détails & de ces différences à la totalité des effets & des grandeurs.

§. XXVII.

Ce n'eſt pas tout, la lune produit des effets ſemblables, mais encore plus ſenſibles; quelque petite qu'elle ſoit, elle compenſe & au-delà par ſa proximité la grande maſſe & la grande puiſſance du ſoleil: ſelon Newton les effets de la lune ſont quadruples de ceux de cet aſtre. Nous ne pouvons détailler ici la partie analytique d'un problême, qui, après Newton, a exercé les plus grands géomètres. On peut imaginer les effets de la lune par ceux du ſoleil; les circonſtances ſont les mêmes, la lune eſt, comme le ſoleil, hors du plan de l'équateur : mais il eſt pour la lune une circonſtance particuliere qui donne à ſes effets une période bien différente de celle des effets du ſoleil. Quand l'année eſt finie, le ſoleil recommence ſon cours, précíſément de la même maniere; ſon action eſt donc renouvelée comme ſon cours. Mais la lune, quand elle a fini ſon cercle autour de la terre, & rempli ſa période menſtruelle, au moment où elle en recommence une nouvelle, ne ſe trouve plus dans la même poſition, relativement à la protubérance de l'équateur & à notre montagne fictive. La lune agit ſur le plan de l'équateur & le déplace, précíſément à cauſe de ce qu'elle eſt hors de ce plan, & en proportion de ce qu'elle en eſt plus éloignée; mais ſi la lune s'en éloigne plus ou moins dans le cours d'un mois, en marchant dans ſon orbite inclinée, cette orbite, comme nous l'avons expliqué (a), rétrograde conſtam-

(a) *Suprà*, p. 510.

ment par l'action du soleil ; la distance de la lune à l'équateur, son action sur ce plan changent donc & en raison de sa marche dans son orbite, & en raison de la rétrogradation de cette orbite : toutes les distances possibles, toutes les différentes actions qui en dépendent, enfin la période entiere des effets de la lune sur l'équateur n'est donc achevée & ne se renouvelle qu'avec la révolution des nœuds qui est de 18 ans & 224 jours. L'intersection de l'équateur sur l'orbite de la lune rétrogradera constamment sur cette orbite, & l'équateur ne peut être entraîné, glisser parallèlement à lui-même sur cette orbite, sans changer de place, sans rétrograder en même tems sur l'écliptique (*a*). L'action de la lune se combine donc avec celle du soleil pour produire les mêmes effets; mais il faut remarquer que l'orbite de la lune étant inclinée de cinq degrés à l'écliptique, des parties égales sur cette orbite répondent à des parties inégales sur l'écliptique : le mouvement de rétrogradation, toujours égal sur l'un de ces cercles, devient donc inégal lorsqu'il est rapporté sur l'autre, sur l'écliptique où nous rapportons, où nous mesurons tout; & il en naît une petite équation qui croît & décroît, pour finir & recommencer avec la révolution des nœuds de la lune. L'action de la lune semblable à celle du soleil, opere non seulement cette rétrogradation, mais elle produit encore, comme cet astre, une variation dans l'angle de l'obliquité de l'écliptique : l'une, celle qui est due au soleil, s'accomplit dans l'intervalle d'une année; l'autre variation née de la lune, ne se développe que

(*a*) Soit (*figure* 28) LEN l'écliptique, SEQ l'équateur, LQR l'orbite de la lune; l'action de la lune fait rétrograder le long de son orbite LQR, & parallèlement à lui-même l'équateur QE, qui est transporté en *qe* : mais cet effet ne peut avoir lieu sans que le point de l'équinoxe, l'intersection E de l'équateur & de l'écliptique ait rétrogradé en *e* sur le plan de l'écliptique ; rétrogradation qui a lieu par l'action de la lune comme par celle du soleil.

autour d'un axe perpendiculaire à l'écliptique. Le soleil, selon Newton, produit environ 10″ par an, & la lune 40.

Ce partage des effets s'éloigne peu de celui qui a lieu réellement entre le soleil & la lune; mais ce qui est très-remaquable, c'est que faute de données suffisantes, Newton a été forcé d'admettre des hypothèses peu exactes, qui cependant lui ont donné des résultats peu différens des vrais. Il a été bien servi par son génie; l'inspiration de cette faculté divine lui a fait appercevoir des déterminations qui n'étoient pas encore accessibles: soit qu'il eût des preuves qu'il a supprimées, soit qu'il eût dans l'esprit une sorte d'estime, une espece de balance pour apprécier certaines vérités, en pesant les vérités prochaines, & jugeant les unespar les autres! Il n'a pas fait assez d'attention à la rotation de notre globe; il a supposé la terre homogène, elle ne l'est sans doute pas; il ignoroit la masse & la force de la lune; il fait tourner toutes les lunes attachées ensemble du même mouvement que si elles étoient isolées (*a*), Newton pressentoit que cette identité seroit un jour démontrée. C'est dans cette disette de connoissances nécessaires, & à travers ces obstacles, que Newton a mis le doigt sur la vérité: on pourroit croire que l'accord des phénomènes & de la théorie n'est qu'apparent, si la question n'avoit été pleinement résolue, lorsque M. d'Alembert s'est soumis ce problême; il en a développé la partie dinamique, il en a donné la premiere solution (*b*): la vérité a été mise dans son jour, tout a été éclairci, & les vues de Newton ont été justifiées.

Telle est donc la cause de cette rétrogradation des équinoxes

(*a*) M. le chevalier d'Arcy a remarqué aussi que Newton, en distribuant la force du soleil à l'anneau & au globe qu'il entraîne, avoit négligé de faire entrer en considération la longueur des bras du levier. *Mém. Acad. Scien.* 1759, p. 420.

(*b*) M. d'Alembert, *Recherches sur la précession des équinoxes.*

de 50″ par année : voilà pourquoi les étoiles, les aphélies des planetes (a) & tous les points fixes du ciel sembloient avoir une marche progressive; on les rapportoit aux équinoxes, à des points qui ne sont pas fixes, & qui en reculant, font que tout le reste paroît s'avancer. En conséquence de cette rotation du globe, tous ses points doivent tourner lentement autour de l'axe de l'écliptique. Ce qu'on appelle proprement les pôles de la terre, c'est-à-dire, les extrémités de l'axe de ce mouvement diurne, quoiqu'immobiles à l'égard du mouvement diurne, tournent comme les autres points du globe; ils ne sont immobiles que pour l'individu : l'espece humaine qui dure assez pour ces changemens, les voit répondre à différens points, à différentes étoiles du ciel; & leur révolution, la même que la révolution apparente de ces étoiles, est de 25920 ans. Les Chinois, 2700 ans avant notre ère, ont vu au pôle une belle étoile; au tems de Chiron c'étoit une étoile plus petite. Eudoxe & Hypparque n'en trouverent plus, ils affirmerent qu'il n'y avoit point d'étoile qui répondît au pôle; il y en a une aujourd'hui, qui quelque jour, c'est-à-dire, dans quelques siecles n'y sera plus. Ces phénomènes, ces apparences, qui ont frappé, occupé les hommes pendant six mille ans, ont eu pendant cette durée une cause inconnue, malgré les travaux successifs. Tout-à-coup la lumiere a paru, lorsque Newton s'est emparé du systême de l'univers; aidé du travail des générations, & sur-tout de son regard pénétrant, il a vu ce que les générations de six mille années n'avoient point vu! Nous ne devons pas désespérer de l'esprit humain : si malgré nos progrès, il est encore tant d'effets sans causes connues, si nous

(a) Les aphélies des planetes rigoureusement parlant, ne sont pas fixes, les étoiles mêmes ne le sont peut-être pas. Mais les mouvemens dont ils peuvent être affectés sont si lents, qu'on peut ici les regarder comme fixes.

ſommes encore entourés de myſteres; le don que la nature nous a fait de Newton, nous fait connoître ce que peut notre intelligence. L'avenir á dans ſon ſein les mêmes reſſources que le paſſé; les années nous aident à miner ſourdement les obſtacles, & tôt ou tard elles font tomber les barrieres qui s'opposent à de nouveaux progrès.

§. XXIX.

Newton ne s'eſt pas contenté d'avoir lu dans la nature des explications ſi long-tems attendües, il a encore vu ce que la nature n'a point dévoilé à cette époque, ce qu'elle réſervoit pour l'avenir. Telle eſt l'inégalité de la préceſſion des équinoxes (*a*); telle eſt la variation de l'obliquité de l'écliptique, due à l'action du ſoleil & ſi propre à faire prévoir celle qui eſt due à lune (*b*). Ces variations, ces phénomènes étoient abſolument inconnus aux aſtronômes, ils ne ſont pas encore tous connus, il en eſt un qui ne ſera peut-être jamais obſervable (*c*). Cette fineſſe de vue, propre à diſtinguer les détails inſenſibles, appartient au calcul que Newton avoit inventé. Sans cette reſſource, il n'auroit pu atteindre le résultat d'une infinité de puiſſances combinées, & d'une multitude d'efforts long-tems ſans effets. Lorſque les efforts ſe répetent, les effets croiſſent, il ne faudroit au monde que de l'âge pour les appercevoir. Newton aidé de ſes nouvelles méthodes, a hâté les époques & dévancé les âges; ſemblable au tems qui

(*a*) La rétrogradation des points équinoxiaux & la préceſſion des équinoxes ſont des expreſſions identiques. Dès que le point équinoxial rétrograde, il marche en ſens contraire du ſoleil; le ſoleil, en achevant ſon tour, rencontre ce point qui vient au-devant de lui; il l'atteint plutôt, & le tems de l'équinoxe eſt anticipé. Ainſi le tems des équinoxes *précede* le tems où l'équinoxe arriveroit ſi le point équinoxial ne reculoit pas: *v.* p. 523.

(*b*) *Suprà*, p. 521 & 523.

(*c*) Celui de la variation de l'obliquité de l'écliptique, qui s'accomplit dans une année & qui eſt due au ſoleil.

détruit & qui recompose, le calcul de l'infini divise, décompose ce qui est grand, il accumule, il somme ce qui est petit, & il rapproche tout de notre mesure bornée. Mais ce que nous devons sur-tout admirer dans les recherches de Newton, c'est la correspondance de ses résultats & l'enchaînement de ses vérités. On observe que les corps tombent plus lentement sous l'équateur, Newton en conclut que la terre a la figure d'un sphéroïde aplati par ses pôles. Alors cet aplatissement, le renflement de la terre à l'équateur ne pouvoient être vus que des yeux de la géométrie. Mais il existe un autre phénomène connu depuis des millions d'années; c'est la rétrogradation des points des équinoxes; Newton en trouve la cause dans l'anneau de matiere excédente, qui naît de ce renflement & qui enveloppe le globe. Cette grande découverte se présente à lui avec des circonstances qui en produisent, ou qui en confirment une autre; c'est que les équinoxes ne peuvent rétrograder que dans le cas où la figure de la terre est celle d'un sphéroïde aplati; s'il étoit alongé, les équinoxes avanceroient: si la figure étoit un globe, les équinoxes seroient sans mouvement. Newton lie un phénomène encore inconnu, encore inobservé, au phénomène le mieux vu & le mieux observé; l'un ne doit point exister sans l'autre: & ce que son génie a vu de plus que nous, il le ramene à cette évidence qui nous est nécessaire pour croire, même au génie. Il n'y a que les parties d'une même vérité qui puissent être ainsi liées; cette vérité est celle du principe général, Newton l'a saisie par son ensemble, il descend pour nous atteindre, & il nous la démontre par ses détails.

§. XXX.

Newton passe ensuite au phénomène du flux & du reflux de

de la mer ; c'est encore un mouvement imprimé à notre globe, ou du moins à quelques-unes de ses parties ; c'est encore une suite de l'action du soleil & de la lune. Ce phénomène a été long-tems un mystere pour les anciens : en conséquence de l'obscurité de la cause, on a forgé la fable de ce philosophe (*a*) qui se précipita dans la mer, par le désespoir de n'avoir pu expliquer ses mouvemens ; comme si les vrais philosophes n'étoient pas accoutumés aux mysteres de la nature, & s'étoient jamais étonnés de ne pouvoir la comprendre ! Possidonius avoit cependant soupçonné que les marées dépendoient soit du mouvement particulier de la lune, soit de son mouvement à l'égard du soleil (*b*). Galilée vit moins bien que lui ; car il imagina que ces effets pouvoient s'expliquer par les deux mouvemens combinés de la terre autour de son axe & autour du soleil (*c*). Newton en a montré l'impossibilité (*d*). Il étoit aisé de penser, comme Possidonius, comme Descartes, que les marées étoient un effet de l'action de la lune sur les eaux ; mais dans les explications que nous demandons, ce n'est pas tant la cause, c'est la maniere dont elle agit qui est difficile à découvrir. Il est une infinité de phénomènes dont nous soupçonnons, dont nous pouvons même assigner les causes, & la maniere dont ils sont opérés n'en est pas mieux connue. Newton pouvoit s'engager dans ces recherches, avec l'instrument qui l'avoit si bien servi dans des cas semblables ; d'ailleurs un avantage de Newton fut l'art d'attaquer une question. La grande supériorité n'est que le moyen de considérer les choses difficiles, sous un point de vue où elles deviennent faciles, où l'esprit les embrasse & les suit sans effort.

(*a*) C'est Aristote à qui l'on prête cette absurdité.

(*b*) *Suprà*, Tome I, page 121.

(*c*) Princ. Mathem. édit. franç. Tom. II, Comment. p. 75.

(*d*) *Ibid.* Liv. I, prop. 66, corol. 19.

Ce point de vue le plus ſimple eſt en même tems le plus général, car dans la nature on voit toujours marcher enſemble la généralité & la ſimplicité. Les circonſtances, qui différencient les cas particuliers, ſont enſuite conſidérées ſéparément; on traite à part les modifications qu'elles apportent: la ſolution ſe transforme, elle marche avec des diviſions, qui ſont des repos placés dans une route trop longue; & la ſolution d'un problême profond & difficile n'eſt plus qu'une ſuite de queſtions, dont l'étendue eſt proportionnée à notre intelligence.

Rien n'eſt plus ſimple que le mouvement de deux corps qui s'attirent; mais ce cas n'exiſte point dans un univers qui renferme une infinité de corps: dès qu'il y en a trois, la complication commence; Newton s'arrête à ce premier degré. Un troiſieme corps repréſentera tous les autres qui le remplaceront ſucceſſivement; fuſſent-ils cent, Newton n'en conſidérera jamais que trois: mais de cette ſolution générale il déduira une infinité de phénomènes, les altérations du mouvement de la lune, la préceſſion des équinoxes, le flux de la mer; tout cela n'eſt qu'une conſéquence d'un premier réſultat. On a vu que chaque partie de la protubérance de l'équateur étoit à ſes yeux une lune circulant autour de la terre en vingt-quatre heures; le phénomène des marées peut s'offrir ſous le même aſpect, chaque molécule de l'Océan eſt également une petite lune, troublée dans ſes mouvemens par le ſoleil ou par la lune: cette particule s'efforce, monte pour les ſuivre, & retombe, entraînée par ſon poids qui la rappelle à la terre. Il falloit, pour réſoudre ainſi le problême, n'être point effrayé de la multitude de ces petites lunes, compriſes dans le ſein de l'Océan, mais la puiſſance de les ſommer ne manquera pas à Newton.

§. XXXI.

DANS ces récits de l'hiſtoire, nous avons eu ſoin d'écarter les calculs; cependant celui que nous allons offrir eſt ſi ſimple, il exige ſi peu de contention d'eſprit, qu'en le rapportant nous avons cru faire plaiſir à nos lecteurs, curieux peut-être en général de voir comment on eſtime les forces de la matiere, & comment on parvient à déterminer les efforts, qui ſoulevent la maſſe des eaux. Newton a calculé que la force par laquelle le ſoleil trouble les mouvemens de la lune, eſt la 179[e] partie de la force centrale qui porte la lune vers la terre; mais nous avons dit que cette force centrale eſt 3600 fois plus petite que la peſanteur qui fait tomber les corps à la ſurface de la terre (*a*). La force perturbatrice du ſoleil n'eſt donc pas la ſix cent millieme partie de cette peſanteur; & ſi la lune deſcendoit à la ſurface & devenoit la molécule de l'Océan, Newton a démontré que la force ſolaire ſeroit encore ſoixante fois plus petite (*b*). Cette force ſur les eaux de la mer eſt donc 38 ou 39 millions de fois moindre que la peſanteur. C'eſt pourtant à ce pouvoir, ſi foible en apparence, que les mers obéiſſent lorſqu'elles ſe gonflent, ou qu'elles s'affaiſſent! Cette force eſt celle avec laquelle le ſoleil agit lorſqu'il eſt à l'horizon; alors il tend à abaiſſer les eaux: lorſqu'il eſt au zenith, il tend à les élever avec une force deux fois plus grande; & comme nous ne connoiſſons, nous ne meſurons que la différence de la haute à la baſſe mer, cette différence eſt produite par la force double qui éleve, & par la force ſimple qui abaiſſe. On

(*a*) Hiſtoire de l'Aſtronomie moderne, *ſuprà*, p. 481.

(*b*) Princ. mathém. Liv. III, Prop. XXV & XXXVI.

peut donc regarder cet effet comme s'il étoit produit par une force égale aux deux autres, & qui fût treize millions de fois moindre que la pesanteur. Newton la compare à la force centrifuge, qui sous l'équateur est la 289[e] partie de cette même pesanteur : il en résulte que la force du soleil est la 44 millieme partie de la force centrifuge ; & si cette derniere force a pu jadis élever les régions de l'équateur de la 230[e] partie du rayon de la terre (a), ou de 85472 pieds, comme les effets sont proportionnés aux causes ou aux forces qui agissent, le soleil pourra élever les eaux de deux pieds.

La force de la lune sur ces mêmes eaux est plus difficile à évaluer ; la lune n'a point de satellite, ni de corps qui pese sur elle, pour nous apprendre la quantité de son action & de sa matiere attractive, il faut au contraire apprécier sa masse par l'effet même des marées. Voici comment Newton s'y est pris : la lune étant en quadrature, elle se trouve au zenith lorsque le soleil est à l'horizon, elle éleve les eaux tandis qu'il les abaisse, & la marée monte par la différence de ces deux actions. Lorsque la lune est en conjonction, passant au zenith avec le soleil, leurs actions sont unies, & la marée monte en raison de leur somme. Or on a observé à Bristol que la marée des conjonctions montoit à 45 pieds, & que celle des quadratures ne s'élevoit qu'à 25. Newton a déduit de ces données, en ayant égard à toutes les circonstances particulieres au tems & au lieu de l'observation, que la force de la lune étoit quatre fois & demie plus grande que celle du soleil ; celle-ci produit deux pieds d'élévation, l'autre en produira neuf, & les deux ensemble onze.

(a) *Suprà*, p. 516.

§. XXXII.

Le phénomène le plus singulier des marées, & qui semble d'abord le plus difficile à concevoir, c'est leur double élévation, & leur double abaissement dans l'intervalle de vingt-quatre heures. Si l'on conçoit que la lune, lorsqu'elle est présente sur l'horizon, lorsqu'elle passe au méridien, peut élever les eaux, comment arrive-t-il que douze heures après, passant au même méridien, mais de l'autre côté & sous la terre, elle puisse encore élever ces mêmes eaux? On croiroit au contraire que tirant en-dessous du globe, elle n'a de force que pour les rapprocher du centre : Newton en rend une raison bien simple. La lune agit en même tems sur le globe entier & sur les eaux; elle a plus d'action sur les corps les plus proches : quand elle est sur l'horizon, les eaux sont plus près d'elle que le centre du globe; ces eaux montent, elles s'éloignent de la terre par la différence des deux actions; lorsque la lune est sous la terre à l'opposite, elle a moins de force sur ces eaux, elle en a plus sur le centre du globe, elle l'attire davantage. Ce centre fuit les eaux le soir, comme ces eaux l'avoient fui le matin; & dans les deux cas elles s'élevent & montent au rivage : pour nous, qui observons de la surface, les apparences sont les mêmes, soit que le globe baisse sous les eaux, soit que les eaux s'élevent sur lui. On voit qu'on en doit dire autant relativement au soleil.

Cela posé, si l'on veut connoître les phénomènes généraux des marées, on pourra conclure des principes exposés jusqu'ici que les plus grandes marées arrivent lorsque le soleil & la lune, en conjonction ou en opposition, passent ensemble au méridien; le jour de l'année où ils ont leur plus grande hauteur sur l'horizon, & où ils sont le plus près du zenith; enfin,

comme on le penſe bien, lorſque dans leurs orbes reſpectifs ils ſont dans leurs plus petites diſtances de la terre. Les moindres marées au contraire arrivent lorſque les deux aſtres ſont en quadrature, & que leurs effets ſont oppoſés. Ces effets peuvent être encore diminués à raiſon de l'élévation ſur l'horizon, & de la plus grande diſtance de la terre. Ce ſont les cas extrêmes; les marées, qui varient tous les jours, ſe compoſent de toutes ces circonſtances. Quant au moment de la haute mer, il réſulte des tems des paſſages de la lune & du ſoleil, & il a lieu dans un tems intermédiaire; il arriveroit toujours très-près du paſſage de la lune, qui plus proche & plus puiſſante, l'emporte par ſon action, mais la réſiſtance des eaux produit un retard. Ces eaux ont une inertie qu'il faut vaincre, une adhérence aux eaux voiſines qu'il faut détruire; & quand elles ſe déterminent à ſe mouvoir, elles éprouvent elles-mêmes un frottement ſur le fond de la mer, qui retarde leur mouvement. La haute mer n'arrive donc en général qu'environ trois heures après que la lune a paſſé le méridien, plus ou moins, ſuivant les circonſtances locales.

La théorie démontre que la mer ne peut monter tout au plus que d'onze pieds; cependant il eſt des côtes où elle s'éleve beaucoup davantage, & quelquefois de quarante à cinquante pieds. C'eſt l'effet de l'obſtacle que ces côtes lui oppoſent, elles arrêtent le premier flot; ce flot eſt élevé par celui qui le ſuit & qui le ſouleve pour monter lui-même. La forme des côtes y contribue encore; l'eau doit monter plus haut dans les paſſages reſſerrés, en raiſon de ſa force & de ſa quantité: d'ailleurs toutes les eaux de l'Océan s'élevent à la fois, & ſe mouvant dans des directions à peu près parallèles, les ſinuoſités du rivage peuvent les repouſſer d'un endroit pour les jeter dans un autre; pluſieurs flux ſe dirigent vers un ſeul point, où il y a

moins d'obſtacle. Les vents y joignent encore quelquefois leur action pour amonceler les flots, preſſer leur aſcenſion, ſuſpendre la deſcente, & l'eau acquiert plus de hauteur, à cauſe de ſon abondance.

§. XXXIII.

Il réſulte de ces découvertes, & ſur-tout du gonflement de la terre à l'équateur, une vérité ſinguliere que Newton n'a pas expreſſément développée, mais qui ſuit néceſſairement de ſes principes & de ſes ſuppoſitions; c'eſt que la matiere de la terre a été primitivement fluide. Il eſt aſſez étonnant de pouvoir dire comment notre demeure a exiſté dans un tems où nous n'exiſtions pas! Mais cette vue eſt une conſéquence des vérités mathématiques. Les procédés des ſciences nous menent du connu à l'inconnu, parce que tout eſt lié par des dépendances; l'état ancien des choſes eſt pere de l'état actuel, & les faits paſſés ne ſont que les cauſes dont les faits préſens ſont les effets. Nous ne devons donc pas nous étonner de ces concluſions auſſi vraies que hardies; nous retrouvons les principes dans les conſéquences. Tant de grands hommes, & Newton plus que tous, ont découvert tant de cauſes! Il faut ſeulement admirer le génie qui apperçoit ces rapports, & qui parcourt la nature dans le tems comme dans l'eſpace.

Voici la chaîne des idées qui conduiſent à cette concluſion. Une maſſe ſolide eſt compoſée de parties ſerrées les unes contre les autres, & fortement enchaînées par l'attraction puiſſante qui réſulte de leur proximité. On juge de la ſolidité d'un corps par la difficulté qu'on éprouve à déſunir ſes parties. Une maſſe fluide au contraire eſt compoſée de molécules, qui ſans doute ne ſe touchent que par peu de points, qui ſont trop éloignées pour que leur attraction produiſe beaucoup d'adhérence; ou

bien elles sont séparées par un fluide primitif tel que celui du feu, interposé pour les désunir & pour s'opposer à leur attraction. Indépendamment de ces principes, on reconnoît qu'elles ont peu d'adhérence par leur mobilité ; elles sont toujours prêtes à rouler, elles cedent au moindre mouvement. On conçoit donc facilement que les eaux de la mer obéissent au pouvoir attractif du soleil & de la lune, & s'élevent pour former les marées : l'attraction mutuelle des parties de l'eau leur permet ce mouvement comme tant d'autres ; & l'attraction générale du globe qui les entraîne, ne s'oppose pas à ces petits balancemens du flux & du reflux. On conçoit encore que dans la rétrogradation des points équinoxiaux l'action des mêmes astres, dirigée à la protubérance de l'équateur, ne puisse avoir d'effet sur cette masse solide, sans que cette action se partage à tout le globe, & ne puisse entraîner la partie excédente, sans entraîner en même tems le globe entier. Le mouvement partagé deviendra plus lent, mais tout obéira. Ces effets conçus ne font point du tout comprendre comment la masse totale du globe, & solide & fluide, s'est élevée jadis sous l'équateur pour donner à la terre la figure d'un sphéroïde aplati. Nous avons remarqué que si les continens n'étoient pas montés avec les eaux sous l'équateur, cette zône torride auroit été submergée, & ne nous offriroit ni terres, ni asiles. C'est cependant l'ouvrage d'une force qui n'est que la 289[e] partie de la pesanteur : la force qui unit les parties d'un corps solide, non seulement surpasse celle de la pesanteur, puisque ces parties restent liées & ne tombent pas ; mais elle est infiniment plus grande, puisqu'il faut des poids énormes ajoutés au poids de ces parties pour les désunir & réduire un corps en poussiere. Comment cette petite force centrifuge a-t-elle vaincu tant de ténacité & d'adhérence ? Si l'on répond que la petitesse

des

des effets a été compensée par la répétition & par la durée des efforts, nous dirons que les effets n'en auroient pas moins dépendu des résistances. Si la ténacité des solides eût cédé, elle eût moins cédé que la mobilité des eaux plus dociles ; les effets auroient été proportionnés à la facilité, les eaux feroient montées plus haut & auroient tout inondé avant que l'équilibre fut établi. Il faut donc convenir que les terres n'ont été consolidées, les bornes n'ont été prescrites aux mers, qu'après que le globe a eu pris sa forme. Cette forme a résulté des actions combinées de la pesanteur & de la force centrifuge ; mais l'action de ces forces a opéré sur une masse également obéissante dans toutes ses parties, sur une masse entiérement fluide, qui s'est ensuite desséchée pour recevoir les habitans que Dieu a posés sur elle.

§. XXXIV.

Par ces considérations aussi vastes que profondes, Newton, organe de la nature, avoit dévoilé, dicté ses loix ; il avoit réglé la terre, les planetes, leurs satellites, & tous les astres qui entourent de près le soleil : car dans le systême de Copernic, où l'on trouve de toutes parts des espaces infinis, Saturne, quoiqu'à trois cens millions de lieues du Soleil, est encore dans son voisinage ; & les planetes errantes autour de lui & serrées dans cette sphere bornée ne composent qu'un famille de l'univers ! Mais les cometes sont-elles de cette famille, les cometes, qui après avoir été regardées par les anciens comme des produits de l'atmosphere, n'ont plus été dans les idées de Descartes & de Képler, que des corps lancés, errans à l'aventure, qui ne s'approchent que pour s'éloigner, & nous visitent pour ne nous jamais revoir ? D. Cassini par des vues plus saines, les avoit attachées à notre systême ; mais il est incertain s'il les faisoit

mouvoir autour du soleil : on penchoit peut-être à les mettre au rang de la lune, à en faire des satellites de la terre ; c'étoit beaucoup étendre la domination de notre planete, c'étoit dépouiller le soleil pour nous enrichir. Newton avoit reconnu dans cet astre une force infiniment prépondérante, qui ne devoit pas permettre ces usurpations. Newton, conservateur des droits de l'univers, dût s'occuper de la place des cometes, de leurs routes, & discerner le joug auquel elles sont assujetties ; il a dû saisir cette nouvelle occasion d'éprouver la puissance de la géométrie, & l'avantage des nouvelles méthodes. Newton, avant d'avoir recours à la science, consulta la philosophie ; c'est à elle de le guider, & de lui montrer la place où il faut appliquer l'instrument.

Newton ne se demande point si les cometes sont des astres durables ; cette question n'appartenoit plus qu'aux esprits vulgaires. Il n'est point embarrassé de la source où les cometes puisent leur lumiere ; cette source est celle de la lumiere même des planetes : les cometes descendent vers le soleil, & Newton voit leur éclat s'augmenter par cette proximité. Alors il compare cet éclat à celui de Saturne & de Jupiter ; & comme les cometes sont quelquefois revêtues de plus de lumiere, il en conclut qu'elles approchent plus près du soleil : elles entrent donc, & assez avant, dans la sphere immense où le soleil exerce un pouvoir absolu, où tout dépend de lui. Comment seroient-elles libres d'y entrer, si le même pouvoir ne les y attiroit ? Mais une fois admises, comment échappent-elles aux liens puissans qui enchaînent tant de corps, sans qu'un seul puisse changer sa distance ? Képler les avoit fait marcher dans une ligne droite, Cassini dans un grand cercle où la courbure est presque insensible. Newton, qui cherchoit & qui retrouvoit partout les deux forces productrices du mouvement

curviligne, apperçut que la force qui avoit ici le plus d'influence, étoit la force uniforme, propagée dans une ligne droite; la force centrale étoit foible, puisque la courbure qui en résulte étoit très-peu sensible. Mais Hévélius avoit reconnu une déflexion, une courbure plus marquée dans quelques points des routes des cometes, & cette déflexion arrivoit toujours près du soleil; la route devenoit donc plus courbe dans les circonstances, où la proximité augmentoit l'action du soleil; le soleil sembloit donc posséder aussi la force centrale qui régit les cometes. L'attraction en raison inverse du quarré des distances, qui force tous les corps célestes de décrire des ellipses, ne fixe point la grandeur, ni les dimensions de ces ellipses: la loi est générale, elle embrasse toutes les ellipses possibles; & la géométrie enseigne que les ellipses peuvent s'aplatir en augmentant la distance des foyers (*a*). Une ellipse même doit devenir une ligne droite, lorsque les foyers tombent aux deux extrémités de l'axe. Newton vit que pour décrire ces ellipses, il ne falloit qu'une force uniforme plus grande, qui fût capable de prendre un grand avantage sur la force centrale, & de porter la comete dans des régions éloignées du soleil (*b*). Hévélius avoit soupçonné que la courbe suivie par les cometes étoit une parabole, il avoit même apperçu que le sommet de cette courbe étoit le point où la comete est le plus près du soleil (*c*). Un Allemand nommé Doerfeld, saisit l'idée d'Hévélius, & alla plus loin que lui, il prononça que les cometes se meuvent

(*a*) *Voy. la fig.* 29. L'ellipse ADB décrite autour du point C, a pour foyer les points F & F; mais si l'on prend pour foyers les points *f* & *f*, l'ellipse décrite en conséquence sera aplatie, & telle que AEB. Si l'on plaçoit les foyers aux points A & B, l'ellipse s'évanouiroit & ne seroit plus que la ligne AB.

(*b*) Hist. de l'Astron. moderne, *suprà*, p. 497, & note p. 498.

(*c*) *Suprà*, page 247. Le soleil étant en F (*fig.* 30), le point où la comete, marchant dans la parabole MAN, peut être le plus près du soleil, est en A, c'est ce point que nous nommons le sommet de la courbe.

dans des paraboles dont le soleil occupe le foyer (*a*). Cette idée, dont on doit faire honneur à Doerfeld, a été long-tems ensevelie dans son ouvrage écrit en allemand. Newton sans doute ne l'a point connue, & nous pouvons dire plus, il n'en avoit pas besoin. Il dût adopter d'abord la courbure parabolique, soupçonnée par Hévélius dans la route de quelques cometes ; il dût regarder ce fait d'observation comme un fait général. Accoutumé à considérer l'infini, à ne point s'effrayer de ses abîmes, Newton savoit suivre les grandeurs, les formes dans leurs diminutions ; & saisir encore ce qu'elles deviennent, lorsqu'infiniment petites elles sont prêtes à s'évanouir. La géométrie lui démontroit que les ellipses s'aplatissant lorsque les foyers s'éloignent du centre ; elles perdent presque toute leur courbure, elles n'en conservent qu'à leurs extrémités, & là cette courbure est tout à fait semblable à celle de la parabole. Une telle ellipse ne differe réellement pas de deux paraboles très-éloignées, opposées, se regardant par leurs concavités, & dont les branches prolongées peuvent être unies par deux lignes droites (*voy. fig. 31*). Dès que Newton eut connu par la raison mathématique que les cometes, qui s'éloignent sans doute à des distances énormes, pour un tems très-long, & qui ne paroissent que des momens, pouvoient cependant marcher dans des ellipses infiniment alongées, infiniment peu courbes, comme les observations le prouvent, sans cependant cesser d'être assujetties à la loi universelle d'une force centrale constamment dirigée au soleil, il expliqua pourquoi Hévélius avoit cru leur voir décrire une parabole ; c'est que réellement le soleil & son cortege de planetes, placés à l'extrémité de l'orbite de ces cometes, ne sauroient les voir que lorsqu'elles

(*a*) *Voyez* son ouvrage imprimé en allemand, p. 243 & Weidler, p. 551.

ſont dans cette partie où la courbure reſſemble à celle de la parabole, & n'en peut être diſtinguée par les plus fines de nos obſervations, toujours un peu inexactes. Il n'eut pas beſoin de l'idée ingénieuſe de Doerfeld pour placer le ſoleil au foyer de ces orbites : ces orbes elliptiques, quoique très-alongés, ne pouvoient naître que d'une force centrale ; & cette force n'auroit pas varié inverſement comme le quarré des diſtance, n'auroit pas été ſemblable à celle qui anime toutes les planetes, en conſéquence d'une loi commune à tous les êtres, ſi elle n'avoit pas été exactement dirigée au foyer, où le ſoleil dont elle émane, doit être néceſſairement placé.

§. XXXV.

Il ne fallut à Newton, pour cette grande découverte, pour régler le rang des cometes, que les loix impoſées aux autres corps céleſtes, & une raiſon déjà exercée à la connoiſſance de la nature, une raiſon ſur-tout perſuadée que cette nature eſt ſimple dans ſes moyens & univerſelle dans ſes loix. Ces cometes furent de la famille du ſoleil : elles ſont liées à notre ſyſtême des planetes ; elles ont, comme les planetes, des révolutions dans des courbes fermées, elles ont des retours, la diſtance nous les enleve, la proximité nous les rend. Mais cette diſtance & cette proximité doivent ſe ſuccéder alternativement ; ſi elles ont été lancées du périhélie avec une force uniforme plus grande, ſi la force centrale, qui les maîtriſe moins, leur permet des écarts plus grands, ces écarts ſont limités ; elles ſont, comme les autres corps céleſtes, enchaînées par un lien dont elles ne peuvent s'affranchir, & qui les force de revenir après leur avoir permis de s'éloigner. C'eſt alors que Newton appliqua le calcul aux obſervations ; il ſe

proposa le problême de déterminer par ces observations les dimensions de la parabole que la comete a décrite autour du soleil. Mais ce problême étoit prodigieusement difficile, & il falloit qu'il le fût beaucoup, puisque Newton l'avoue lui-même (*a*).

Newton choisit trois observations, trois positions d'une comete dans le ciel, observées de la terre. Un plus grand nombre auroit été inutile; & c'est de ce peu de données qu'il falloit que son génie tirât les réponses demandées par sa curiosité. Les mouvemens des cometes sont compliqués du mouvement de la terre; & si ce mouvement a été si long-tems incommode, s'il a produit tant de fausses apparences dans le mouvement des planetes, mouvement que nous voyons commencer & finir, que nous pouvons suivre chaque jour dans toutes ses parties, on peut juger combien il étoit difficile de séparer ces illusions de la vérité du mouvement des cometes observées seulement dans une très-petite partie de leur cours & pendant peu de tems. Dessinons sur un plan le cercle de notre orbite (*b*), marquons-y les trois positions de la terre aux momens des observations, qu'est-ce que les observations nous apprennent? Que le rayon visuel dirigé de la terre à la comete, & prolongé jusqu'au ciel étoilé, y a marqué le

---

(*a*) Princ. mathém. édit. 1687, p. 487.

(*b*) Soient (*fig.* 32) A, B, C, les positions de la terre dans son orbite, où on a observé une comete, que l'on a vue suivant les directions A*a*D, B*b*E, C*c*D, soit S le soleil, il faut décrire une parabole dont le foyer soit S, & qui coupe les trois lignes A*a*D, B*b*E, C*c*D, ce sera l'orbite décrite par la comete, & les points *a*, *b* & *c* où les directions sont coupées, seront les lieux de la comete au moment des trois observations. Les dimensions de cette parabole, & en même tems les caracteres qui peuvent la distinguer de toute autre, sont 1°. la distance périhélie, ou la plus petite distance de la comete au soleil AP: 2°. le point du ciel G, où cette distance est dirigée, c'est le lieu du périhélie: 3°. l'angle que cette route parabolique fait avec l'écliptique: 4°. les nœuds de cette orbite, ou les points où elle coupe l'écliptique: 5°. enfin l'instant où la comete a été périhélie, c'est-à-dire, où elle a été au point P.

lieu de la comete parmi ces étoiles ; la comete eſt dans ce rayon, mais il eſt d'une longueur immenſe, il traverſe tous les eſpaces céleſtes juſqu'au terme de la portée de la vue, & la poſition de la comete dans toute cette longueur eſt inconnue : on en doit dire autant des deux autres obſervations. Nous ne connoiſſons que les trois poſitions de la terre & les directions des rayons viſuels, menées aux trois lieux correſpondans de la comete, il faut trouver une parabole qui coupe ces trois rayons, & qui ait en même tems le ſoleil à ſon foyer. Nous n'en dirons pas plus ſur la ſolution de ce problême, il nous ſuffit d'en avoir fait ſentir la difficulté, il nous ſuffit de dire qu'elle a été pleinement vaincue. Les moyens de la géomérrie appartiennent à ſon hiſtoire, mais les preuves du ſuccès ſont de notre reſſort. Newton n'a pris que trois obſervations pour déterminer la route de la comete, les autres obſervations lui ſervent pour la vérifier ; il faut qu'elles ſoient toutes repréſentées : ſi la géométrie n'avoit pas donné la vraie parabole, le calcul ne pourroit plus retrouver ſur cette parabole les poſitions qui ont été obſervées. C'eſt ainſi qu'on a pour garans d'un côté la certitude géométrique qui répond de la juſteſſe des réſultats, & de l'autre les moyens de vérification qui en démontrent la vérité.

§. XXXVI.

Newton, ayant tracé autour du ſoleil & dans le ciel la parabole que décrit la comete, put montrer ſous quel angle l'orbe de cette nouvelle planete coupe l'écliptique, dans quels points ſe fait cette ſection, à quel autre point du ciel répond le ſommet de la courbe où eſt le périhélie de la comete, c'eſt-à-dire, le terme de ſa plus petite diſtance ; il put meſurer

cette plus petite distance de la même maniere que nous mesurons toutes les autres distances célestes, en comparant leur grandeur au rayon de notre orbe; & si les routes de ces cometes sont fixées, comme il appartient à des astres durables, si leurs orbites sont invariables comme eux, la position, l'étendue de cette parabole, ses relations avec le plan de notre écliptique, sont des caracteres, qui étant différens dans toutes les cometes, les distingueront les unes des autres, & serviront à les faire reconnoître, lorsqu'après leur longue révolution, elles se remontreront une seconde fois à la terre.

La vraie orbite, la vraie trajectoire d'une comete ainsi déterminée, Newton put faire ce qu'aucun homme n'avoit encore fait, c'est d'examiner le mouvement de ces astres à l'égard du soleil, le seul qui soit véritable; celui que nous voyons de la terre n'est qu'apparent, & il est sujet à toutes les illusions qui nous ont si long-tems trompés sur les planetes. Alors le philosophe reconnut les effets de son principe général. Les cometes, comme les planetes décrivent autour du soleil des aires proportionnelles aux tems; voilà donc la premiere loi de Képler. La partie parabolique de la route de ces astres annonce que l'orbite entiere est une ellipse allongée; c'est la seconde loi; & si l'on ne connoît pas la durée de leurs révolutions, pour y retrouver la troisieme loi dans la proportion de ces révolutions avec le diametre des orbes décrits, on voit du moins que la vîtesse dans les paraboles a toujours un rapport constant avec celle dans un cercle, décrit à la même distance du soleil : quelles que soient les cometes, leurs vîtesses dans leurs paraboles différentes, sont toujours comme la racine quarrée des cubes de leur plus courte distance au soleil. Elles montrent donc, autant qu'elles le peuvent, leur obéissance à la troisieme loi; & Newton eut toutes les preuves nécessaires pour

pour constater que les cometes sont animées par la même force, qui anime notre système des planetes. C'est une force inversement proportionnelle au quarré de la distance ; une force née dans le soleil, & propagée assez loin pour s'étendre jusqu'aux orbes les plus reculés des cometes, & pour enchaînet ces astres comme ceux que nous voyons circuler plus près de la source de la force.

Ces cometes, qui décrivent des ellipses immenses, éprouvent des inégalités semblables à celles des planetes, mais des inégalités bien plus grandes. On a vu que ces inégalités étoient proportionnées à l'excentricité (*a*); les cometes ont des excentricités énormes. Ces astres se meuvent, ainsi que les planetes, plus vîte quand ils sont près du soleil, plus lentement quand ils en sont plus loin; & comme cette proximité & cet éloignement sont considérables, les variations de leur vîtesse sont très-grandes. Les cometes doivent donc marcher avec une lenteur infinie quand elles sont dans ces régions lointaines où notre œil ne peut les suivre; & si elles s'y rencontrent, elles peuvent déranger sensiblement leurs mouvemens, altérer leurs orbes, diminuer ou allonger leurs révolutions, parce qu'elles restent long-tems exposées à leur attraction mutuelle. Newton en conclut deux choses, la premiere, que les cometes n'ont point été enfermées, comme les planetes, dans un zodiaque étroit, afin que leur route n'étant pas si près les unes des autres, ces routes ne puissent se croiser, ni les cometes se rencontrer; leur distance, la grandeur de leurs orbites sont toutes différentes, leurs routes coupent le ciel dans tous les sens, & quand deux de ces routes se coupent elles-mêmes en un point, elles s'écartent bientôt par leur divergence. (*b*) La

(*a*) *Suprà*, Tom. I, p. 87 & 471.

(*b*) Princ. math. Liv. III, Prop. XL.

feconde conclufion de Newton fut que ces rencontres pouvant cependant avoir lieu, il en devoit naître des dérangemens. Il ne faut pas efpérer que la même comete décrive toujours précifément le même orbe, ni que le tems de fa révolution foit toujours exactement le même. Il peut arriver que des cometes reparoiffent en parcourant des orbes un peu différens. Il ne faudroit pas s'étonner fi même il y en avoit qui ne reparuffent jamais; car il peut naître dans des tems fi longs, dans des efpaces fi grands, bien des altérations, qui fuffifent pour motiver ou des changemens fenfibles, ou la perte totale de quelques cometes.

§. XXXVII.

NEWTON appliqua cette théorie à la fameufe comete de 1680; il vit que c'étoit la même qui avoit paru & en Novembre, & à la fin de Décembre. Dans ces deux tems, on l'avoit vue dans les deux différentes branches de la parabole, avant & après fon paffage au périhélie, où elle fut le 18 Décembre. Il faut dire que Doerfeld avoit apperçu, comme Newton, cette identité (a), & il en faut faire honneur à l'aftronôme Allemand, qui n'étoit point fecouru par les lumieres d'une théorie profonde & nouvelle. Mais Newton, appuyant des calculs fur la certitude de cette théorie, vit que cette comete étoit particuliérement remarquable pour avoir paffé très-près du foleil. Dans fon périhélie elle n'en fut éloignée que de la fixieme partie du diametre folaire; & fi ce diametre eft, comme nous le fuppofons, d'environ 150000 lieues, elle approcha du foleil à la diftance de 25000 lieues, & fut trois ou quatre fois plus près de lui que la lune ne l'eft

(a) Weidler, p. 551.

de la terre. Que par la pensée on rapproche de nous le soleil à cette distance, & qu'on juge de la chaleur qu'il nous feroit éprouver! Ce qui doit étonner le plus dans la nature de ces astres singuliers, ce sont les alternatives de leurs températures. Un froid extrême dans leur éloignement du soleil, une chaleur brûlante dans leur proximité! Newton a calculé que cette comete avoit dû éprouver, lors de son passage près du soleil, une chaleur vingt-huit mille fois plus forte que celle de cet astre dans nos étés; elle surpasse deux mille fois, suivant l'évaluation de Newton, la chaleur d'un fer rouge. Les vapeurs, les eaux, & tout ce qui étoit liquide & volatil, a dû être consumé & dissipé en un instant. Mais cette chaleur une fois acquise, cette chaleur qui doit pénétrer jusqu'au centre du globe, doit se conserver long-tems; c'est une ressource contre le froid, lorsque la comete s'éloigne de la présence du soleil. Newton, qui soumettoit tout au calcul, & à qui le génie offroit des ressources pour tout, trouve qu'un globe de fer égal à la terre & rougi au feu, seroit cinquante mille ans à se réfroidir (*a*); & il tire de la chaleur extrême où les cometes peuvent être exposées, une preuve qu'elles sont des corps compactes & solides, aussi durables que les autres. Il faut en effet qu'elles soient composées d'une matiere parfaitement fixe, puisqu'elle n'est pas volatilisée par ce feu violent; si elles n'étoient que des vapeurs, des exhalaisons de la terre & des planetes, leur aggrégation légere & volatile se dissiperoit en un instant, & l'astre s'évanouiroit en fumée (*b*).

Cette grande proximité, la vîtesse considérable qu'eut alors

(*a*) Princ. math. p. 174, T. II, édit. fr. M. de Buffon a fait des expériences suivies & exactes sur le réfroidissement des globes chauffés, & il en a tiré des résultats aussi curieux qu'ils sont neufs & singuliers. M. de Buffon, *Introduction à l'Hist. naturelle des minéraux.*

(*b*) *Ibid.* Principes math. p. 146.

la comete de 1680, font croire à Newton qu'elle a dû trouver un peu de résistance. Il a fallu qu'elle traversât l'atmosphère du soleil, cette atmosphère lumineuse découverte par Cassini; la comete même y est entrée assez avant, & dans la partie qui doit être la plus dense : quelque peu d'épaisseur qu'ait ce milieu, on sent que le déplacement de ses molécules oppose quelque obstacle au corps qui veut le traverser. La résistance de ce milieu est toujours proportionnée à la grandeur, à l'étendue du corps en mouvement, qui à raison de cette étendue, a plus ou moins de molécules à déplacer; mais la résistance dépend aussi de la vîtesse. Lorsqu'un corps se meut rapidement, les molécules ont moins de tems pour se diviser & pour lui livrer passage; le corps les pousse, les amoncele, les serre les unes contre les autres, & sa rapidité qui unit ainsi ces molécules, les rend capables d'une résistance plus grande. Cette résistance a toujours lieu dans la direction de la force uniforme: une petite partie de cette force est consumée, & comme elle ne se renouvelle pas, ses pertes sont pour toujours. En conséquence la force centrale prévaut, & le corps, c'est-à-dire, la comete s'approche du soleil. Newton conçoit que ces pertes répétées peuvent tellement diminuer la distance au soleil, que la comete doit à la fin y tomber; & se réunir à la masse solaire pour servir d'aliment à ses feux, & pour réparer peut-être l'évaporation continuelle de la lumiere. La comete de 1680 a passé si près de ce foyer, qu'elle pourra bien y être engloutie à son prochain retour : peut-être, ajoute Newton, les étoiles qui s'allument tout-à-coup dans les régions du ciel n'étoient-elles invisibles que faute de feux assez actifs; elles brillent, ranimées par la chûte de quelques cometes (a).

(a) Princ. math. édit. Franc. Tom. II, p. 147.

§ XXXVIII.

Dès que les cometes passant près du soleil éprouvent une chaleur énorme, capable de dessécher leur surface & même leur profondeur, on conçoit que ce desséchement n'arrive que par une évaporation de tous les fluides ; ces globes doivent donc fumer comme les corps humides exposés au feu ; la fumée qui s'en exhale doit se diriger à l'opposite du feu qui la produit C'est une expérience que nous faisons tous les jours, sur tous les corps ou brûlés ou chauffés. L'apparence de la queue des cometes, toujours opposée au soleil, n'est donc qu'une fumée, & le produit des vapeurs qui s'élevent continuellement de la surface. C'est la cause que leur assigne Newton, & sans doute la plus naturelle : ces queues ne se montrent que lorsque la comete a passé son périhélie, ou lorsqu'elle en approche ; elles sont d'autant plus longues que les cometes ont passé plus près *(a)*, témoin celle de 1680 ; & sans doute les cometes qui passent fort loin, n'en ont pas. Ce qu'on appelle la barbe, la chevelure des cometes, une sorte d'atmosphère qui les environne & les rend plus obscures, a la même cause. Ces queues s'étendent à une grande distance ; celle de la comete de 1680, qui embrassa jusqu'à 70 degrés du ciel, occupoit peut-être un espace de neuf à dix millions de lieues en longueur sur une largeur égale au diametre de la comete. Ceux qui connoissent la prodigieuse dilatabilité des vapeurs, ne seront pas étonnés de cette étendue. Notre air, nous l'avons dit, se condense près de la surface, à raison du poids de l'air même dont il est chargé. Newton a calculé qu'un globe d'un pouce de diametre, formé de notre air, tel qu'il est à la

(a) Princ. math. édit. franç. Tom. II, p. 147.

surface, porté à la distance de 1500 lieues de cette surface, & libre de s'étendre par son ressort, rempliroit toutes les régions des planetes jusqu'à la sphere de Saturne, & encore bien au-delà. On voit que la matiere des cometes, libre de se raréfier dans un milieu sans résistance, peut-être peu considérable, quoiqu'elle occupe un grand espace; elle en occuperoit plus si elle ne s'évaporoit pas continuellement. Notre atmosphère éclairée de la lumiere du soleil, éteint presque tous les astres & la lune même, tandis que l'atmosphère des cometes, également éclairée du soleil, laisse voir à travers son épaisseur la lumiere des plus petites étoiles : cette matiere est donc infiniment plus rare & plus subtile que celle de notre air.

Newton tire de ces considérations une nouvelle preuve que l'éther, dans lequel nagent les cometes, n'est capable d'aucune résistance sensible. Non-seulement il n'arrête point les corps solides, il n'altere point leurs mouvemens; mais les vapeurs des cometes, élevées en colonnes au-dessus de leurs globes, suivent le cours de ces globes, & sont entraînées par eux. L'éther ne résiste donc pas plus aux vapeurs légeres qu'aux corps solides; & cependant le moindre choc des molécules de l'éther disperseroit celles des queues des cometes; ces queues seroient aussi tôt détruites que formées. Mais nous les voyons durer, & si elles cessent de paroître, il y a lieu de croire que c'est par leur ascension continuée, & par une dilatation devenue excessive. Newton, qui saisissoit tout ce qui lui donnoit quelque prise, réfléchissant sur la déflexion & la courbure qu'on avoit remarquée dans la queue des cometes, pensa qu'on en pouvoit tirer une induction du tems que la vapeur avoit employé à monter. Lorsque cette vapeur s'éleve en vertu du mouvement d'ascension que lui donne la chaleur, elle n'en

conserve pas moins le mouvement de translation de la comete; elle doit donc, en montant, se conformer à ces deux mouvemens, & prendre une route oblique entre leurs directions; à mesure que le mouvement & la direction de la comete changent, les vapeurs exhalées, participent à ces changemens, chaque partie conserve la direction qu'elle a reçue, & la queue entiere prend une courbure en conséquence de toutes ces directions (*a*). Or en tirant une ligne droite de l'extrémité de cette queue au soleil, le point où la ligne coupe l'orbite de la comete est celui d'où les vapeurs sont parties. Newton trouva que la vapeur, qui le 25 Janvier 1680 faisoit le terme de la queue, avoit commencé à monter le 21 Décembre, & avoit employé quarante-cinq jours à monter. Toute la queue qui parut le 10 Décembre, & qui avoit une longueur prodigieuse, étoit montée dans l'intervalle de deux jours, écoulés depuis le passage du périhélie (*b*). On peut juger de la force de l'évaporation par la vîtesse de ces vapeurs si légeres qui ont parcouru neuf à dix millions de lieues en deux jours; & en même tems on peut s'assurer que l'éther n'oppose aucune résistance, puisqu'il a permis ce mouvement rapide à un composé si frêle & si aisé à détruire.

§. XXXIX.

Le vrai mouvement des cometes autour du soleil dans des orbes paraboliques étant connu & mis à découvert, on put voir clairement que quelques-unes de ces cometes avoient réellement un mouvement rétrograde, c'est-à-dire, contraire au mouvement général des planetes & des satellites de notre sys-

(*a*) *Voyez* figure 32.

(*b*) Princ. math. édit. franc. p. 154.

tême. L'obfervation avoit déjà montré que quelques cometes vues de la terre, paroiffoient fe mouvoir dans le ciel en remontant le cours ordinaire des planetes. Mais tout ce que nous voyons de la terre n'eft fouvent qu'une apparence illufoire; notre propre mouvement altere le vrai mouvement des aftres: les planetes ont des tems où nous les voyons rétrograder; les cometes pourroient n'être rétrogrades que comme elles, & en apparence. Mais lorfque leur mouvement fut rapporté au foleil auquel il appartient, lorfqu'on put fuivre leur route réelle, on vit que dans le nombre de ces planetes nouvelles & inattendues que le hafard femble nous envoyer, les unes fuivoient le fens dans lequel les planetes fe meuvent par un mouvement que nous appelons direct, les autres marchoient dans un fens entiérement contraire par le mouvement que nous appelons rétrograde. Cette vérité démontrée porta un coup terrible à l'hypothèfe des tourbillons; car fi les tourbillons planétaires ont dans leur révolution affez de force pour entraîner les corps maffifs & lourds des planetes, ils doivent entraîner également les cometes lorfqu'elles y arrivent, lorfqu'elles y tombent. Ces cometes ne peuvent fuivre que le mouvement du tourbillon: on ne conçoit pas comment elles pourroient en fortir; on conçoit encore moins comment elles pourroient fe mouvoir dans un fens oppofé à ce torrent de matiere circulante. Il faudroit imaginer que le tourbillon des cometes, aplati & alongé comme leur orbite, pénétrât les tourbillons fphériques de nos planetes, y confervât fon mouvement différent & même contraire; & l'idée de cette pénétration impoffible feroit une grande abfurdité.

Mais cette objection n'eft point la feule que les découvertes de Newton fourniffent contre les idées plus ingénieufes que folides de Defcartes. Les vérités nouvelles ne font pas l'unique avantage

avantage des recherches profondes, l'esprit humain se fortifie & de la vérité qu'il acquiert, & de l'erreur dont il se désabuse. Cependant Newton, en proposant des idées si vraies, si supérieures aux hypothèses de Descartes, ne semble point triompher de leur chûte; il a plutôt l'air de la soupçonner que de l'annoncer. *L'hypothèse des tourbillons*, dit-il, *est sujette à beaucoup de difficultés;* & avec ce ton de réserve, il déduit des raisons qui détruisent de fond en comble l'hypothèse. Un tourbillon ne peut être conçu que par l'idée d'une matiere fluide mue circulairement autour d'un centre par un mouvement unique. On imagine bien que les parties les plus éloignées décrivant des cercles plus grands, doivent avoir plus de vîtesse, & cette vîtesse paroît devoir augmenter selon la distance. Les astres plongés dans ce tourbillon ne peuvent se mouvoir que par le mouvement même du tourbillon, leurs vîtesses manifestent donc la sienne, ou décelent du moins la vîtesse des couches où ces astres se trouvent. Les loix de la nature observées par Kepler, doivent donc dériver des loix de ces tourbillons; car les hypothèses ne sont admissibles que lorsqu'elles expliquent les faits observés. Or pour qu'une planete, suivant une couche du tourbillon, décrivît autour du soleil des aires proportionnelles aux tems, il faudroit que cette couche fît sa révolution dans un tems proportionnel au quarré de sa distance au soleil; mais la troisieme loi de Kepler nous apprend que les révolutions de deux différentes planetes sont entr'elles comme les racines quarrées des cubes de leur distance au soleil, les couches qui les entraînent devroient avoir cette même vîtesse, & faire également leur tour dans un tems proportionnel à la racine quarrée des cubes de leur distance au soleil: il faudroit donc que ces deux couches eussent des vîtesses différentes, & deux tems périodiques différens pour observer

les deux loix de Kepler (*a*), ce qui est absurde & contradictoire.

§. LX.

Le systême des tourbillons renferme bien d'autres contradictions que nous n'entreprenons point de détailler (*b*). Ce n'est pas ainsi que Newton a expliqué la nature par le systême de la gravitation; il est parti des faits généraux pour chercher le principe qui les produit. La premiere loi de Kepler lui a montré que les corps célestes étoient mus par une force dirigée à un point fixe; la seconde indique que cette force, capable de s'accélérer & de se ralentir, varie en raison inverse du quarré des distances à ce point; & la troisieme fait connoître que cette force est encore proportionnelle à la quantité de matiere du corps qui occupe le centre. Newton, en nous donnant l'idée d'une force, qui existe dans toutes les parties de la matiere, & qui varie inversement comme le quarré des distances, ne nous a donc rien dit que ce que les faits lui ont appris; s'il en a fait une loi générale, c'est qu'elle dérive des faits généraux. Rien n'est plus simple que ses suppositions : la matiere a été créée & douée d'une tendance réciproque de toutes ses parties, suivant cette loi; la cause premiere, Dieu a lancé dans l'espace les masses des corps célestes, chacune avec une force d'impulsion une fois imprimée & durable, puisqu'elle n'éprouve point de résistance. Avec une propriété primitive & possible de la matiere, avec un premier acte de la puissance divine, Newton trouve la raison de tous les mouvemens, la raison de l'ordre & de la conservation de l'uni-

(*a*) Princ. math. Liv. III, schol. génér. p. 174.

(*b*) *Voyez* l'Encyclopédie à l'article *tourbillons*.

vers! Mais le principal reſſort du mouvement, l'attraction qui lui fut revelée par les trois loix de Kepler, lui a été en même tems confirmée par tous les phénomènes de la nature. C'eſt cette attraction qui produit les inégalités de la lune, les mouvemens de ſon apogée & de ſon nœud, aſſez ſenſibles pour avoir été apperçus par les premiers aſtronômes. C'eſt elle qui fait rétrograder les points équinoxiaux dans une révolution très-lente; c'eſt elle qui deux fois par jour éleve & abaiſſe les eaux de la mer; c'eſt elle enfin qui aſſujettit les cometes comme les planetes, & qui les retient dans l'empire du ſoleil. Une infinité de grands phénomènes découverts depuis, s'expliqueront par ce principe, & ne pourront s'expliquer que par lui. Mais les faits, juſqu'ici détaillés & ramenés à une ſeule cauſe, ſuffiſent bien pour démontrer l'exiſtence de cette cauſe; nous la retrouvons ſur la terre, elle agit ſous nos yeux mêmes, en précipitant les graves de la ſurface vers le centre, en arrondiſſant les gouttes d'eau & de mercure, en élevant au-deſſus de leur niveau les liqueurs dans les vaiſſeaux capillaires. C'eſt cette cauſe, c'eſt cette force, mais différemment modifiée, qui produit ſans doute les attractions électriques & magnétiques.

§. XLI.

Tout manifeſte donc l'attraction dans la nature, tout mouvement eſt produit ou réglé par cette force. Mais qu'eſt-ce que l'attraction? L'idée attachée à ce mot étoit entiérement nouvelle, car nous avouons que l'attraction ſuppoſée par les anciens nous paroît totalement différente; elle naiſſoit chez eux & d'une *ſympathie* occulte & fauſſe, établie gratuitement entre différentes ſubſtances & différens êtres, & de la chute des corps, qui tendoient vers la terre par une ſympathie ſem-

blable. Cette ſympathie, étendue juſqu'à la lune pour retenir cette planete dans ſon orbe, n'eſt qu'une erreur aggrandie. Les anciens ſe ſont approchés par haſard de la vérité. Nous avons déjà dit qu'il n'en eſt pas de leurs opinions comme des faits qu'ils nous ont laiſſés (*a*). Les faits ſont manifeſtes, les opinions peuvent être équivoques par l'expreſſion. Nous ne voyons eſſentiellement dans l'attraction prétendue des anciens qu'une idée de *ſympathie & d'amour*, qui prouve ſeulement le penchant de l'homme à retrouver partout les ſentimens qui le conſolent, ou les paſſions qui l'agitent. Kepler, Hook peuvent ſeuls être aſſociés à Newton, comme ayant eu l'idée nette de la cauſe univerſelle. Mais cette notion philoſophique & vague n'eſt rien, quand on ne démontre pas que l'idée eſt fondée & la cauſe néceſſaire. C'eſt ce qu'a fait Newton, & c'eſt une gloire qui n'appartient qu'à lui ſeul : il a été forcé de concevoir l'attraction ; ce ſont les phénomènes qui ont fait entrer cette idée dans ſa tête, ce ſont eux qui l'y ont affermie, enracinée. Conduit par la certitude géométrique, il étoit sûr de ne point s'égarer. Les doutes d'un eſprit naturellement ſage ont été anéantis par la multiplicité des preuves ; il a bien fallu croire à l'attraction que la nature entiere lui manifeſtoit.

L'attraction, dévoilée par les phénomènes qu'elle produit, n'eſt elle-même qu'un effet, les cauſes primitives nous ſont cachées ; la nature, enfermée dans ſes profondeurs, ne nous laiſſe appercevoir que des réſultats. Sur la terre où nous voyons les corps ſe mouvoir, nous ne connoiſſons que l'impulſion ; & familiariſés avec ce phénomène de la communication du mouvement, nous n'imaginons pas qu'un corps puiſſe ſe mouvoir ſans avoir été pouſſé. Newton ſe proportionnant aux idées

(*a*) *Suprà*, p. 183.

de ſon ſiecle, peut-être n'oſant ſe livrer lui même à une concluſion trop hardie, a déclaré pluſieurs fois que l'effet de l'attraction pouvoit n'être que le réſultat d'une impulſion (*a*). Mais l'impulſion ſe proportionne à la ſurface des corps, & non à leur ſolidité, à leur maſſe, comme l'attraction : auſſi Newton a-t-il été obligé de conſidérer l'attraction comme l'effet d'un fluide très ſubtil, qui non-ſeulement environne les corps dans tous les eſpaces de l'univers, mais qui pénetre les corps mêmes, & qui eſt caché dans leur ſubſtance. Nous allons le laiſſer parler lui-même : » C'eſt par la force & l'action de cet eſprit « que les particules des corps s'attirent mutuellement aux » plus petites diſtances, & qu'elles coherent lorſqu'elles ſont » contigües; c'eſt par lui que les corps électriques agiſſent à » de plus grandes diſtances, tant pour attirer que pour re- » pouſſer les corpuſcules voiſins : & c'eſt encore par lui que » la lumiere émane, ſe réfléchit, s'infléchit, ſe réfracte & » échauffe les corps. Toutes les ſenſations ſont excitées, & les » membres des animaux ſont mus quand leur volonté l'or- » donne, par les vibrations de cette ſubſtance ſpiritueuſe qui » ſe propage des organes extérieurs des ſens par les filets ſolides » des nerfs, juſqu'au cerveau, & enſuite du cerveau dans les » muſcles. Mais ces choſes ne peuvent s'expliquer en peu de » mots. On n'a pas fait encore un nombre ſuffiſant d'expé- » riences, pour pouvoir déterminer exactement les loix ſelon » leſquelles agit cet eſprit univerſel (*b*). » Dans ce peu de mots Newton a embraſſé la nature, & devinant une infinité de découvertes qui ſe feront un jour, il a vu par ſon génie ce que d'autres ſiecles verront peut-être par la voie de l'obſervation.

(*a*) Princ. math. Liv. I, ſect. II, édit. franc. p. 167 & 200.

(*b*) *Ibid.* Liv. I, ſect. II, édit. franc. p. 179.

Au reſte, cette explication même de la gravitation par un fluide actif & univerſel eſt bien vague. Il faut admettre le rapprochement des différens phénomènes indiqués ici par Newton, mais on peut rejeter cette explication qu'il n'a donnée que par complaiſance pour les eſprits timides, & dont ſans doute il n'étoit pas content lui-même. Il remarque ailleurs que l'impulſion agiroit en raiſon des ſurfaces ; & ſi l'attraction naiſſoit de particules fluides diſſéminées dans les corps, elle ſeroit proportionnelle à leurs pores, au vide des corps, & non à leur ſolidité. Newton, en établiſſant la réciprocité de la gravitation, ſemble avoir exclu toute idée d'impulſion. S'il exiſte un fluide dont la preſſion faſſe tendre la lune vers la terre, comment ce même fluide fait-il peſer la terre ſur la lune ? Comment fait-il peſer en même tems la terre ſur le ſoleil, & le ſoleil ſur la terre ? Il faudroit donc autant de fluides que de planetes & d'actions différentes ; il faudroit que ces fluides fuſſent mêlés dans l'eſpace ſans ſe confondre, & agiſſent tous à la fois ſans ſe nuire. Un principe ne peut être vrai que quand il eſt ſimple, quand il embraſſe tous les effets ; mais quand il faut changer de principe à chaque effet, on reconnoît une ignorance déguiſée, on voit que l'homme ſupplée par l'imagination à la connoiſſance de la nature (a).

§. XLII.

MAIS quand on rameneroit le phénomène obſcur de l'attraction au phénomène ſenſible de l'impulſion, on n'en ſeroit pas plus avancé ; ce dernier phénomène n'eſt pas plus aiſé à

(a) Il faut lire dans l'Encyclopédie les articles *gravitation*, *gravité*, *attraction*, *newtonianiſme*, où tout ce qu'il y a de métaphyſique & de géométrique dans cette queſtion a été traité par Monſieur d'Alembert.

concevoir. Comment le mouvement se transmet-il d'un corps dans un autre par le choc? Comment la force même réside-t-elle dans un corps? Ce sont des mysteres de la nature; tout ce qu'on voit bien clairement, c'est que la matiere est impénétrable, & qu'il résulte de cette impénétrabilité que lorsqu'un corps mu en choque un autre, il faut nécessairement que le premier rebrousse chemin, ou qu'il pousse le second devant soi, en partageant avec lui son mouvement. Que démontre donc ce phénomène? L'impénétrabilité des corps comme une loi de la nature, comme une propriété de la maticre. Les grands & les petits phénoménes du monde démontrent également une attraction qui doit être, ainsi que l'impénétrabilité, une propriété de la maniére. L'une est comme l'autre un don de l'Être suprême, ce sont deux atributs de son ouvrage. L'attraction est sans doute un de ces effets, au-delà desquels nous ne pouvons pas pénétrer, & qui deviennent pour nous des causes primordiales. Cette conclusion n'a rien de téméraire, pourvu que nous soyons prêts à nous rétracter, si les travaux des générations futures venoient à découvrir le mécanisme de l'attraction, & à le ramener à un autre phénomène naturel, qui seroit alors la cause primordiale. Nous ne prétendons pas fixer les bornes de l'esprit humain : ces bornes sont les termes de nos efforts, de nos progrès actuels: & dans notre marche, nous pouvons, de pause en pause, regarder les causes les plus éloignées où il nous a été permis d'atteindre, comme des causes primitives.

Newton étoit dans la maturité de son âge lorsqu'il publia son livre immortel des *Principes mathématiques de la philosophie naturelle*. Il en avoit médité les idées & mûri les vérités pendant vingt années; il n'y avoit qu'une modestie excessive qui pût lui cacher sa grande supériorité sur les hommes même

célebres qui composoient son siecle ; mais en effet toutes les lumieres ne sont pas renfermées dans une seule tête, l'homme le plus élevé peut être encore averti. Newton étoit persuadé de cette vérité que tant d'hommes ignorent ; & lorsqu'il révéla les loix de l'univers, lorsqu'il mit au jour le plus bel ouvrage & le plus grand effort de l'esprit humain, il finit en disant : *Je demande que cet ouvrage soit lu avec indulgence, & que les défauts inévitables dans une matiere si difficile, soient moins un sujet de blâme qu'une occasion de tentatives nouvelles & de recherches plus profondes* (*a*). Ce mérite d'une modestie si rare doit être consigné dans l'histoire ; la justice veut qu'on peigne les hommes par leurs vertus ; & l'orgueil doit apprendre par des exemples que la modestie est presque toujours inséparable de la vraie supériorité.

Newton, plus qu'aucun homme, eut besoin de se faire pardonner son élévation ; il avoit pris un vol si extraordinaire, il redescendoit avec des vérités si nouvelles, qu'il falloit ménager les esprits, qui auroient pu repousser ces vérités. Newton renversoit ou changeoit toutes les idées. Aristote & Descartes partageoient encore l'empire, ils étoient les précepteurs de l'Europe : le philosophe Anglois détruisit presque tous leurs enseignemens, & proposa une nouvelle philosophie ; cette philosophie a opéré une révolution. Newton a fait, mais par des voies plus douces & plus justes, ce qu'ont tenté quelquefois en Asie les conquérans qui ont usurpé le trône ; ils ont voulu effacer le souvenir des regnes précédens, pour que leur regne servît d'époque, pour que tout commençât avec eux. Mais ces entreprises de l'orgueil & de la tyrannie ont été le plus souvent sans fruit ; elles ne réussissent qu'à la

(*a*) Préface de la premiere édition.

raison

raison & à la vérité, qui obtiennent cet avantage sans y prétendre!

Newton n'établit pas tout à coup ce regne de la vérité; ses démonstrations étoient trop profondes pour la portée ordinaire des savans mêmes. Hook, Halley furent peut-être d'abord ses seuls partisans; ses opinions furent ensuite adoptées & attaquées, mais seulement par des hommes du premier ordre: les aigles combattoient dans les airs, & le reste de la terre ignoroit le sujet de la querelle. Cependant l'Angleterre ne tarda pas à s'éclairer de la lumiere nouvelle. Ces vérités n'exciterent point de jalousies; & quoiqu'elles fussent aussi étonnantes qu'elles étoient neuves, elles furent, du vivant de Newton même, la croyance générale: ses succès intéresserent ses compatriotes; & ce qui semble si naturel, que le génie vivant devroit l'éprouver chez tous les peuples, sa gloire devint nationale. Les nations étrangeres résisterent plus long-tems, il a fallu laisser écouler les générations imbues des vieilles opinions. L'empire de Descartes étoit établi partout; comme François, nous avions ses droits & sa gloire à défendre; nous sommes trop éclairés pour préférer cette gloire à la vérité. Descartes a été abandonné pour elle, & aujourd'hui la France comme l'Europe est newtonienne, en ôtant à ce mot toute idée de secte, puisque la vérité n'en fait pas.

§. XLIII.

Nous n'avons pas encore exposé tous les titres de cet homme rare, il en reste assez pour fonder une grande célébrité. Newton, en jetant un regard sur l'optique, qui a déjà rendu tant de services à l'astronomie, créa de nouveau cette science de la marche des rayons de lumiere & de leurs mouvemens, comme il avoit créé celle du mouvement des corps

célestes. Les phénomènes deviennent clairs & simples par ses explications : la lumiere est un fluide infiniment subtil, mais matériel & soumis en conséquence aux loix du mouvement des corps. Si la lumiere est réfléchie par les surfaces, c'est que ce fluide, comme Descartes l'a dit, est élastique, il rejaillit par la force du ressort (a). Si le P. Grimaldi a découvert que la lumiere s'infléchit en passant près du corps, c'est qu'elle éprouve leur attraction qui altere sa route, comme le soleil altere celle de la lune. Enfin si la lumiere se réfracte en quittant un milieu pour entrer dans un autre, si elle plie davantage sa route quand le milieu est plus dense, comme pour y pénétrer plus avant, ce n'est pas que ces milieux plus denses lui offrent une transmission plus facile, c'est qu'ils l'attirent davantage; & c'est de l'attraction du milieu que la lumiere reçoit cet excédent de force, remarqué par Descartes, cette force nouvelle qui la fait entrer plutôt, & pénétrer plus avant. Quand le rayon passe obliquement dans un milieu plus rare, en quittant un milieu plus dense, c'est encore l'attraction de ce milieu qui plie sa route, comme pour retenir la lumiere, pour l'approcher de lui, tant qu'elle se trouve dans la sphere de son activité.

Mais Newton a servi particulierement l'astronomie, & lui a préparé des progrès par une découverte de la plus grande importance sur la nature de la lumiere. Cette substance est impalpable, elle ne se manifeste qu'au tact de l'œil. Newton a eu l'art de la décomposer, &, comme dit M. de Fontenelle, il a fait l'anatomie de la lumiere (b). Personne n'ignore que les objets vus à travers un prisme, se peignent de plusieurs couleurs; ce phénomène jusqu'à Newton avoit été inexplicable. Newton

(a) *Suprà*, p. 194.

(b) Eloge de Newton.

reçut, à quelque distance du prisme, sur un mur & dans une chambre obscure, le rayon ainsi coloré ; les couleurs se séparerent, & dans un ordre qu'une infinité d'épreuves firent trouver le même. Il multiplia, varia les expériences, ce détail nous éloigneroit trop de notre objet ; mais enfin il s'assura que chaque rayon de lumiere, quelque petit qu'il soit, est composé d'une infinité de rayons différemment colorés. On distingue dans leur infinité sept couleurs, que l'on peut regarder comme primitives, ces couleurs sont le rouge, l'orangé, le jaune, le vert, le bleu, l'indigo, le violet ; ce sont du moins les seules dont les nuances marquées nous deviennent sensibles. Lorsque ces rayons primitifs sont unis, le rayon total n'imprime aux objets qu'une couleur blanche ; c'est le caractere propre de la lumière dont le noir n'est que la privation. Les couleurs existent dans les filets qui composent le rayon sensible ; ces couleurs se séparent dans le prisme par la réfraction que le rayon éprouve lorsqu'il y passe. Les rayons déliés qui le composent sont doués par la nature, chacun d'une réfrangibilité différente & inaltérable. Chaque espece de rayon change diversement sa route, & sembleroit en conséquence diversement attiré par un même corps. Mais Newton, assuré par tant de phénomènes de la constance du pouvoir attractif dans une quantité donnée de matiere, ne tira point cette conclusion précipitée. L'attraction du corps est démontrée par le détour du rayon entier, les parties ne se détournent différemment que par quelque propriété particuliere, telle par exemple que leurs vîtesses (a). Si ces vîtesses sont différentes pour chaque espece de rayons, ceux qui traversent plus vîte le milieu, moins exposés à son action, se détourneront moins ; ceux qui auront une vîtesse

(a) Hartsoecker, *Essai de Dioptrique* ; & son Eloge par *M. de Fontenelle.*

moindre seront plus dérangés. Quoi qu'il en soit de cette conjecture sur la cause qui opere cet effet, il est bien prouvé par l'expérience que chaque espece de rayon a une réfrangibilité & une couleur propre qui sont invariables. Les couleurs sont dans la lumiere qui éclaire les objets, qui nous les fait voir, & non dans les objets mêmes; si un corps paroît revêtu d'une couleur particuliere, c'est que sa surface est disposée de maniere à réfléchir cette espece de rayons, & à absorber tous les autres. On n'étoit jamais entré si avant dans la nature; grands phénomènes, détails insensibles aux vues ordinaires, tout ce qui est vérité, étoit fait pour Newton. Cette vérité existe principalement dans les élémens des choses; un même homme a surpris & les germes des couleurs, & les premiers ressorts du mouvement.

§. XLIV.

MAIS Newton a dû se demander, a dû chercher ce qu'étoit la substance singuliere qui éclaire & qui colore, & comment étoit produit le phénomène de la lumiere. Le philosophe adopta l'idée la plus naturelle, celle qui s'offre d'abord; & il répondit ce que répondroit l'homme le plus simple, interrogé sur cette question. La lumiere nous est envoyée, elle naît dans les corps lumineux, elle est lancée, répandue, & elle tombe sur tous les objets qu'elle rencontre. Lorsque la nuit va finir, nous voyons un trait de lumiere au point de l'horizon où doit monter le soleil, ce trait s'étend en arc le long de l'horizon; bientôt l'arc s'aggrandit: le crépuscule est la lumiere qui monte en précédant le soleil; elle atteint les nuages, & s'y décompose pour produire les couleurs découvertes par Newton. Les particules d'eau qui forment ces nuages, sont une infinité de prismes, où la nature répete en grand les expériences ingénieuses de Newton. L'aurore me développe le même mécanisme;

je vois des prismes dans le nuage, & je vois un rayon qui arrive à ce nuage, comme il entre dans la chambre obscure : je suis les pas de la lumiere dans les progrès du jour. Mais lorsque l'astre lui-même s'offre à ma vue, je le vois verser à grands flots cette lumiere, d'abord menagée, je reconnois que sa présence en est la source divine ; & si je suis trop enveloppé de ses rayons pour les distinguer, les apparences du soir confirment celles du matin. Je vois que la lumiere me quitte avec l'astre même : la source descend avec lui, un cercle enferme les espaces où la lumiere n'atteint plus ; & je la perds au même point de l'horizon où j'ai perdu l'astre qui la produit. Voilà ce que mes sens m'apprennent; si les sens ont souvent été trompés, nous n'avons cependant que les connoissances qu'il nous donnent. La raison doit peser & juger leur rapport, & quand la raison n'oppose rien, nous devons croire leur témoignage. Les yeux nous disent que le soleil se meut, & ils nous trompent ; mais il a fallu les raisonnemens les plus pressans, les plus démonstratifs, pour infirmer la longue expérience de la vue.

Quand on en opposera de pareils à l'émission de la lumiere, nous serons forcés de nous y rendre. Descartes qui avoit créé un fluide subtil & universel pour en remplir l'espace, employa par économie ce fluide à produire la lumiere : son systême est si séduisant sur ce point, qu'il subsiste encore à côté de l'opinion de Newton. Ces globules élastiques, rangés en file, pressés par une extrémité, & pressant l'organe par l'autre, expliquoient suffisamment de son tems les phénomènes : la lumiere est en effet très-élastique, on en peut juger par la facilité qu'elle a de rebondir sur les corps, & de réjaillir dans l'instant

(a) *Suprà*, p. 193.

aux plus grandes diſtances ; ſon élaſticité & ſa préſence habituelle pouvoient ſeuls rendre compte des effets, ſi la lumiere étoit réellement inſtantanée. Mais elle ne l'eſt pas, c'eſt une découverte de Roëmer, c'eſt un progrès des connoiſſances depuis Deſcartes ; & quelque rapide que ſoit le mouvement de la lumiere, quelque petit tems qu'elle emploie à venir du ſoleil à nous, des globules parfaitement élaſtiques doivent tranſmettre inſtantanément l'impreſſion reçue (a) ; & ce petit tems ne s'accorde pas avec le reſſort exquis des particules de la lumiere. La principale difficulté oppoſée à l'opinion de Newton eſt celle des rayons, partis des différens aſtres ou des différens points du ſoleil, qui peuvent ſe rencontrer, ſe croiſer & ſe confondre dans l'eſpace ; mais cette difficulté a lieu également & pour un rayon lancé qui vient à nous, & pour une impreſſion propagée, qui nous eſt tranſmiſe par une file de globules. Newton dira que l'eſpace eſt ſi grand, & les filets de lumiere ſi déliés, qu'ils peuvent ſuivre leur route ſans ſe rencontrer, & ſe mêler ſans ſe nuire. Le ſon qui ſe répand au moyen d'un fluide toujours préſent autour de nous, ſe propage par des ondes à la maniere des fluides ; il remplit à la fois l'étendue d'une certaine ſphere : mais la lumiere marche en ligne droite, ſuivant les loix du mouvement ſimple des corps ; elle eſt arrêtée, comme eux, par un obſtacle ; elle eſt réfléchie, comme eux, par les ſurfaces ; elle met plus de tems à parcourir plus d'eſpace. On reconnoît donc les loix & les phénomènes de la tranſlation, pourquoi n'y reconnoîtroit-on pas la tranſlation même ? Quels que ſoient les degrés de vaiſemblance de ces deux hypothèſes, quelque parti qu'on

(a) *Voyez* l'Encyclopédie, article *émiſſion*, où Monſieur d'Alembert a fait voir que ſur une infinité de cas, il y en a un ſeul où la tranſmiſſion du mouvement par les globules élaſtiques n'eſt pas inſtantanée.

prenne entr'elles, celle de Newton semble la plus naturelle & la plus conforme à l'expérience des sens. La lumiere, ainsi envoyée du soleil aux planetes, & repoussée réciproquement des unes sur les autres, semble devenir un lien universel. Les grands corps de l'univers existeroient solitaires sans cette correspondance ; c'est une espece de commerce & d'échange que la nature établit entr'eux : les uns dispensent la chaleur & la lumiere, les autres ne donnent que ce qu'ils reçoivent ; mais tous s'éclairent, s'avertissent de leur existence, & s'aident par des bienfaits mutuels.

On objecte que cette perte continuelle épuiseroit à la fin la matiere du soleil ; & pourquoi ne s'épuiseroit-il pas ? Pourquoi, dans les œuvres de la création, seroit-il seul destiné à durer éternellement ? Les grandes masses doivent se détruire comme les petites, il ne leur faut qu'un tems proportionné ; & le tems de toutes les destructions est renfermé dans la durée de la nature. Mais la perte prévue d'un astre si nécessaire n'a rien d'effrayant ni de prochain. La lumiere est une matiere si légere, qu'une petite partie de la masse du soleil suffit pour éclairer toutes les planetes, tous les espaces qui lui sont soumis pendant des siecles. Qui sait d'ailleurs s'il n'est pas des compensations aux pertes du soleil ? Newton a soupçonné que les cometes s'approchoient sans cesse de cet astre, pour être un jour englouties, & pour fournir un aliment nouveau à ce feu puissant, qui étant le principe actif de la nature a éminemment sa maniere d'agir, ne détruit que pour recomposer, & ne consume que pour produire.

§. XLV.

Ces expériences ingénieuses conduisirent Newton à des applications utiles. La lumiere est notre moyen de voir ; Képler

avoit senti la nécessité d'étudier sa marche, c'est Newton qui l'a approfondie. Mais ce premier instrument de l'organe de la vue se combine dans des instrumens plus compliqués, tels que ceux de l'optique, tels que les lunettes composées de verres qui livrent passage aux rayons, pour les plier, les multiplier, les réunir, & aggrandir les objets en les éclairant davantage. Souvenons-nous que l'aurore se peint dans le ciel, que les couleurs naissent dans le prisme, parce que la lumiere s'y plie & s'y réfracte. L'objectif de nos lunettes, un verre lenticulaire n'est qu'un assemblage de petits prismes, rangés à côté les uns des autres, & diminuant de grandeur depuis le centre du verre jusqu'à ses extrémités. Chacun de ces petits prismes produit ses couleurs; elles se rangent en couronne autour des images: & c'est la source de ces iris, qui depuis l'invention des lunettes ont apporté tant d'obstacles à leur perfection. La même puissance, qui plie les rayons pour augmenter la grandeur des objets, sépare les filets de ces rayons, & en altérant la blancheur de la lumiere, elle y introduit la confusion. Ces filets se séparent, parce qu'ils sont différemment réfractés dans le verre, le faisceau s'éparpille & laisse voir ses couleurs. Le défaut paroissoit donc attaché à la réfraction; Newton, avec tout son génie, n'y vit point de remede. On ne sembloit pouvoir éviter ce défaut qu'en évitant la réfraction; & ce génie, qui avoit toujours des ressources, trouva le moyen de s'en passer, en produisant cependant les mêmes effets, multiplication des rayons de lumiere & aggrandissement des objets. Il employa la réflexion des surfaces polies. La lumiere, comme les corps élastiques, en tombant sur ces surfaces, se réfléchit sous un angle égal à celui de sa chûte; les rayons & leurs filets se réfléchissent dans le même ordre, les faisceaux ne se décomposent point, ils conservent la blancheur qui naît de

de leur union ; & les couleurs, qui ne naissent que de leur séparation, ne paroissent pas. Il ne s'agit donc que de substituer des miroirs aux verres des lunettes. Newton prit un tuyau dont il ferma une des extrémités, & à cette extrémité fermée il appliqua intérieurement un miroir sur lequel venoient se peindre les objets, au moyen de l'autre extrémité ouverte. Ce miroir d'une forme concave, a la propriété de réunir à quelque distance & dans un seul point, tous les rayons qu'il reçoit ; une image y est formée, & un œil, placé à ce foyer, pourroit considérer & grossir cette image avec une loupe, si l'œil pouvoit être introduit dans l'intérieur du tuyau. Il faut donc la lui renvoyer dans un lieu plus commode ; Newton établit à ce foyer un miroir plan & incliné, qui reçoit cette image & la réfléchit vers un trou pratiqué dans les parois du tube ; les rayons sortent par cette ouverture, & c'est là que la loupe ou l'oculaire est placé pour saisir ces rayons, grossir l'objet, & en porter l'image à l'œil qui l'observe. Telle est la construction du télescope de Newton, où l'on ne rencontre plus d'iris & de couleurs, & qui a l'avantage de grossir autant que des lunettes beaucoup plus longues ; d'où résulte une grande facilité pour l'usage. Il est aisé de sentir que dans les lunettes composées de verres, où les filets colorés sont séparés par la réfraction, en grossissant beaucoup, on augmente beauccoup l'intervalle de ces filets, on amplifie l'apparence des couleurs ; dans le télescope à miroirs, où il n'y a point de séparation, point d'apparence de couleurs, on grossit presque à volonté, & jusqu'au terme où l'affoiblissement de la lumiere produiroit l'obscurité (*a*).

(*a*) *Suprà*, p. 101.

§. XLVI.

Newton n'eſt cependant point le premier auteur de cette idée ; la date de ſon invention eſt vers 1666. Un François (*a*) eut à peu près dans le même tems une idée ſemblable. Jacques Grégori, géometre habile, avoit précédé Newton de trois ans, & le P. Merſenne les avoit dévancés tous de plus de vingt années.

Le P. Merſenne décrit en effet un téleſcope compoſé de miroirs dans ſa catoptrique (*b*) ; mais ce pere étoit prévenu de l'idée de Deſcartes, qu'il étoit eſſentiel de donner aux verres, ou aux miroirs, une autre courbure que la circulaire, pour réunir exactement tous les rayons dans un point. Il ne ſe propoſa que des miroirs paraboliques, ou hyperboliques ; il en oppoſoit deux l'un à l'autre, les rayons tomboient ſur l'un, étoient renvoyés ſur l'autre, d'où ils étoient réfléchis vers l'œil, qui les recevoit par une petite ouverture pratiquée au premier. Mais il n'étoit point aſſez inſtruit de l'optique, pour ſentir qu'il falloit encore ſe ſervir d'un oculaire, ou d'une loupe pour groſſir les images. Auſſi Deſcartes lui objectoit-il que ces téleſcopes n'auroient aucun avantage ſur les lunettes à verres (*c*). Ces téleſcopes avoient d'autres difficultés pour les formes des miroirs que l'art ne pouvoit atteindre. Gregori, qui, comme nous l'avons dit (*d*), remarqua que dans la rigueur géométrique les images ſouffroient une ſorte d'incurvation, voyant que cette incurvation diſparoiſſoit dans les formes paraboliques & elliptiques, inſtruit qu'on n'avoit point réuſſi à donner

(*a*) Nommé Caſſegrain.

(*b*) Propoſ. VII. Encyclopédie, art. *téleſcope*.

(*c*) Lettres au Pere Merſenne XXIX & XXXII, T. III, *in*-12.

(*d*) *Suprà*, p. 254.

ces formes aux verres, imagina de les essayer sur des miroirs.

Un miroir parabolique étoit établi au fond du tube & percé d'un petit trou dans son milieu, c'est là qu'il plaçoit l'oculaire dont le P. Mersenne avoit cru pouvoir se passer. Les objets réfléchis par le premier miroir étoient renvoyés sur un petit miroir elliptique, d'où ils alloient tomber sur l'oculaire. Le géometre trouva bien cette construction, mais l'art ne le servit pas; il ne fut pas plus possible de donner la forme parabolique & elliptique aux miroirs qu'aux verres; l'expérience n'aida point la spéculation, jamais Gregori ne put parvenir à voir les objets distinctement, & ses idées ingénieuses, ainsi que celles de Mersenne, furent perdues. Newton réussit, parce que c'est le propre du génie de tout réduire à des notions simples, & de circonscrire d'abord ses recherches dans les termes de la possibilité. Il n'avoit ni supérieur, ni égal en géométrie, cependant il ne s'occupa point de la rigueur mathématique; en concevant l'idée d'employer des miroirs, il ne leur demanda que ce qu'on avoit obtenu des verres lenticulaires; il les assujettit les uns comme les autres à la figure circulaire, & il réussit à construire lui-même un petit télescope de six pouces de longueur, qui faisoit autant d'effet qu'une bonne lunette de trois pieds. Newton, qui ne dût sans doute son idée qu'à lui-même & à une suite de ses considérations profondes sur l'optique, peut donc être regardé comme le véritable inventeur des télescopes, parce que ses idées ont été les plus justes & les seules exécutées. Ces inventions n'ont de valeur réelle que par la pratique; c'est la jouissance du public qui donne droit à sa reconnoissance. Le succès de Newton fit revenir sur les tentatives infructueuses de Mersenne & de Gregori; mais que fait au monde une idée ingénieuse dont l'exécution a été impraticable? Le mérite est de la rendre

utile en la rendant possible, & c'est le mérite de Newton. Tout a dépendu de la substitution des formes circulaires aux formes paraboliques, & cette substitution appartient à lui seul (*a*).

Le petit télescope de Newton fut long-tems le seul exemple de la possibilité de l'invention; elle fut négligée pendant près de cinquante ans. Enfin en 1719 Hadley construisit un télescope, d'après les principes de Newton; cet instrument, qui avoit cinq pieds de longueur, faisoit, dit-on, autant d'effet que le bel objectif de cent vingt-trois pieds dont Huygens avoit fait présent à la société royale, & l'avantage de ce télescope sur les lunettes composées de verre fut bien constaté. On a perfectionné depuis cet instrument, en changeant un peu la construction; au lieu d'ouvrir le tube par le côté, on perça le miroir du fond, comme l'avoient imaginé Grégori, & avant lui le P. Mersenne. Ce nouveau télescope a été nommé gregorien assez improprement. Grégori ne se servoit point de miroirs sphériques, & ce qu'il a de différent du télescope de Newton, appartient autant au P. Mersenne qu'à Gregori; c'est le télescope de Newton perfectionné : la pratique a prouvé qu'il a des avantages marqués; il donne plus de netteté, & permet plus de grossissement.

(*a*) Aussi-tôt que Newton eut expliqué dans les *Transactions philosophiques*, année 1672, N°. 81 & 82, la construction de son télescope, Cassegrain, ce François, dont nous avons parlé, éleva sa réclamation dans le Journal des savans. Il prétend avoir imaginé ce télescope avant que l'invention de Newton eût passé la mer; mais ces réclamations sont toujours tardives. Sa construction est semblable à celle de Gregori, excepté qu'il n'emploie, comme Newton, que des miroirs sphériques; & le petit miroir, au lieu d'être concave, est convexe; les objets y sont renversés. Ce télescope peut grossir un peu plus, & est plus court que celui de Gregori; il semble donc avoir quelque avantage, & cependant on n'en a jamais tenté l'exécution. Cassegrain s'est contenté de faire valoir ses droits à l'invention, & n'a pas été assez jaloux de son idée pour la porter à l'exécution.

§. XLVII.

Toutes ces découvertes fur la lumiere, & celle du télefcope furent publiées les premieres ; Newton en donna du moins une idée en 1671 & 1672 dans les Tranfactions philofophiques, mais des objections prématurées le chagrinerent, il fe repentit de s'être montré, & il fe renferma dans fes fpéculations. Ce n'eft point que la critique lui fît peur, le poffeffeur de tant de vérités de théorie & d'expérience ne pouvoit redouter l'examen, mais il craignoit les querelles qui fatiguent fans éclairer, & la perte du tems & du repos. Ce ne fut qu'en 1686 que vaincu par les follicitations de Halley, il confentit à fe dévoiler tout entier, & à faire au monde favant le beau préfent des *Principes mathématiques de la philofophie naturelle ;* livre en effet mathématique, puifque tout y eft rigoureufement démontré ; livre philofophique, puifque la raifon en a dicté toutes les pages. C'eft une philofophie naturelle qui inftruit les hommes, ce font les phénomènes & les faits de la nature qui en ont révélé les principes. Sans doute il a bien fallu que les découvertes de Newton fuffent préparées ; on ne conftruit pas un vafte édifice fans matériaux amaffés. Dans la partie phyfique du fyftême, des vues particulieres ont pu conduire aux vues générales. Gilbert avoit comparé la terre à un aimant, Képler regarda le foleil comme un aimant plus actif encore ; il lui donna une vertu motrice diminuée par l'augmentation de la diftance, & il fit de cette vertu un des refforts du mouvement. Hook prononça le nom d'attraction ; il penfa qu'elle étoit univerfelle, & il en demanda les loix. Relativement aux faits & aux principes de théorie, Képler avoit donné les trois loix du mouvement des corps céleftes, Galilée celle de la chûte des graves, Defcartes

avoit annoncé la force centrifuge, Huygens en avoit établi les principes & les variations : tels sont les degrés qui ont élevé Newton; c'est ainsi que l'esprit d'un siecle se compose de l'esprit des siecles précédens. Mais les siecles passés ont laissé des erreurs comme des vérités, il faut une raison excellente pour ne prendre dans ce mélange que les faits vrais, & un génie puissant pour appeler tous les faits dont on a besoin dans un grand dessein. Le choix & l'emploi des faits est la premiere marque de supériorité, & l'homme, parti avec ces secours, décele sa force par le chemin qu'il a fait. Jamais homme n'a parcouru tant d'espaces dans la sphere de nos connoissances, & en étendant les limites de cette sphere, n'a mieux montré le pouvoir de l'esprit humain! C'est un beau spectacle que celui de voir Newton applatissant la terre d'abord fluide, prescrivant la forme qu'elle a dû recevoir de l'équilibre, & calculant le pouvoir des astres sur les eaux de sa masse consolidée, enchaînant ces astres mêmes à un centre immobile par une force toujours renaissante, par une force dont tous les corps sont animés, expliquant tous les phénomènes de la nature, & remontant à travers la foule de ces phénomènes pour arriver à la cause simple & unique d'où ils sont dérivés. Quelle supériorité de l'esprit humain, & en même tems quel homme que Newton! Quelle distance de lui à ses grands précurseurs, tant pour l'universalité que pour la justesse des idées! chez la plupart l'humanité s'est décélée par des chûtes, leur gloire a été tachée par quelques erreurs; Newton n'a produit que des vérités.

§. XLVIII.

Newton est aussi singulier par le caractere de son génie que par ses sublimes découvertes; c'étoit un or sans alliage,

& parfaitement pur. Le génie, par sa nature, est ardent, passionné, il semble que ce soit le besoin du mouvement qui lui fasse prendre l'essor. Celui de Newton fut grand, sans passion, & tranquille sans rien perdre de son activité. On voit que ses pensées ont dû se développer avec ordre, & s'enchaîner avec régularité. Il ne fait point d'effort pour atteindre les vérités, il se sert de l'une pour saisir l'autre; & lorsque tous les hommes qui ont tenté d'approfondir les causes, qui ont cherché la gloire dans les découvertes, donnent l'idée de mouvement & de course incertaine par leurs écarts & par leurs chûtes, Newton nous donne l'idée d'un observateur immobile qui voit successivement se développer le ciel entier tournant autour de lui. tout ce que les hommes cherchent avec tant de peine & d'effort, est venu s'offrir de soi-même. Le génie de Newton semble ne lui avoir servi qu'à le transporter au centre de la nature, au point où aboutissent tous les rayons de la vérité; là il a été spectateur, & il a raconté ce qu'il a vu.

La simplicité de Newton, sa modestie, naissoient de sa supériorité; on s'en étonne en considérant cette supériorité même! Les hommes de cet ordre font facilement des choses difficiles, comment admireroient-ils des œuvres qui leur ont si peu coûté? Ce n'est point un paradoxe de dire que la vanité ne naît point de la facilité du travail & de la rectitude des idées, il faut avoir eu souvent tort pour s'enorgueillir d'avoir raison. Les hommes ne s'aplaudissent que quand ils sont surpris de leurs productions : ils attachent un grand prix au fruit des efforts pénibles; l'orgueil est le sentiment de la médiocrité & l'aveu de notre foiblesse.

Ce qui contribue à nous faire croire que les découvertes de Newton ont été aussi faciles qu'elles sont sublimes, c'est le peu de soin qu'il a mis à s'en assurer la possession. L'humeur, les

jalousies, les haînes qui ternissent quelquefois la gloire des savans, sont peut-être la mesure de leurs peines & de leurs veilles ; on regrette de perdre les choses a raison de leur prix plutôt que de leur valeur. Lorsque Newton eut trouvé l'expression de la rectification générale des courbes, il vit avec indifférence paroître l'ouvrage où Mercator donna la quadrature particuliere de l'hyperbole ; il ne se pressa point de publier le sien ; il s'en défendit même en disant qu'on étoit sur la voie de cette découverte, que Mercator, ou d'autres à sa place trouveroient ce qui restoit à découvrir. Les premieres réclamations que produisirent ses idées sur la lumiere & sur l'optique, lui firent renfermer pendant trente ans cet ouvrage vraiment original & plein de génie. La dispute relative à l'invention du calcul différentiel que Leibnitz peut partager avec lui, le chagrina vivement, plus comme perte de repos que comme diminution de gloire, mais il ne répondit jamais ; ce furent ses disciples & sa patrie qui répondirent pour lui. Newton avoit l'ame d'un sage pour qui le repos est le premier des biens ; la contemplation de la nature demande ce repos aussi-bien que la jouissance de la vie. Quelles ames pour s'occuper de ces grands objets de l'univers & de la nature, que celles qui sont toujours ouvertes aux petits intérêts de gloire & de fumée, qui sont toujours troublées par des orages, lorsque l'étude a besoin de calme & de silence ! Le tems se perd dans ces distractions honreuses, le génie se consume & la vérité lui échappe. Newton desiroit ce repos, parce qu'il connoissoit le véritable emploi du tems ; il méprisa la gloire, qui le suivit malgré lui & qui reste éternellement attachée à son ombre ; il acquit la paix, la tranquillité de la vie par cette heureuse indifférence, & sur-tout par la vertu qui est le premier & le plus sûr de tous les moyens.

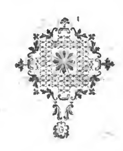
§. XLIX.

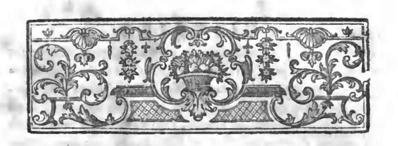
§. XLIX.

Newton avoit toute sa gloire au terme de la moitié de son âge, il employa l'autre moitié à servir sa patrie; des emplois importans l'éloignerent des sciences : nous avons pu le placer tout entier à l'époque où nous sommes. Il passa le reste de sa vie à recueillir le fruit de ses travaux, à jouir d'une estime & d'une admiration qui furent universelles. On le combla de biens & d'honneurs, qui ne valent pas cette estime & cette admiration, & qui honorent moins encore l'homme qui les reçoit que la nation qui les donne. L'éloge des Anglois se trouve nécessairement lié à celui de Newton : cette nation a également le discernement du mérite & la constance de l'admiration; chez elle le génie a un rang & devient l'objet d'un hommage durable. Newton, peut-être le génie le plus rare de toutes les nations & de tous les siecles, excita un enthousiasme général; sa philosophie étoit celle de l'Angleterre, tous les grands hommes étoient ses disciples. Le peuple des savans, plus libre encore chez un peuple libre, l'avoit choisi pour chef ou pour dictateur, & la nation lui rendoit une espece de culte. Ce grand homme montra encore sa supériorité en conservant sa modestie, elle ne l'abandonna jamais; sa raison ne fut point troublée par le concert de tant de suffrages illustres, il posséda toujours son ame; il fut toujours aussi grand par elle que par ses talens : après avoir long-tems joui de ce que les hommes ont de plus cher, la vertu & la gloire, il s'endormit à quatre-vingt-cinq ans dans la paix qu'il avoit cherchée, & dans cet âge avancé, qui semble être la récompense de la vertu, & la suite du calme de la vie.

On exposa, comme les Rois, aux regards publics le grand homme qui n'étoit plus, & qui devoit à jamais honorer sa

patrie. Le grand Chancelier & cinq autres Pairs d'Angleterre porterent le poële du cercueil. Ces honneurs, accordés par la justice, devroient être du moins répétés par la politique; quand on honore un grand homme par ces funérailles, il peut renaître de ses cendres : tout un peuple se rend attentif à la gloire ; il est enflammé par la récompense, & il demande qu'on lui ouvre la voie où il peut l'obtenir. Newton étoit digne d'un enthousiasme si juste & d'honneurs si rares. Peut-être le hasard l'a-t-il aussi-bien servi que la nature, en le plaçant dans des circonstances de tems où les connoissances amassées étoient en proportion avec son génie ; il est possible que ces circonstances heureuses ayent permis à son génie de se déployer & de se montrer entier ; mais dans aucun genre, aucun homme n'a eu une supériorité plus grande! Si, comme Platon l'a pensé, il existoit dans la nature une échelle d'êtres & de substances intelligentes jusqu'à l'Être suprême, l'espece humaine défendant ses droits, auroit une foule de grands hommes à présenter; mais Newton, suivi de ses vérités pures, montreroit le plus haut degré de force de l'esprit humain, & suffiroit seul pour lui assigner sa vraie place.





HISTOIRE
DE
L'ASTRONOMIE MODERNE.

LIVRE TREIZIEME.

Recherches, Observations relatives aux planetes, & progrès de l'Astronomie depuis les découvertes de Newton, ou depuis 1687 jusqu'en 1730.

§. PREMIER.

Le livre des Principes mathématiques de la philosophie naturelle étoit destiné à faire une révolution dans l'astronomie, mais cette révolution ne se fit pas tout-à-coup. La lumiere céleste n'est pas instantanée, les lumieres de l'esprit, qui se distribuent avec inégalité, qui trouvent des obstacles, ont besoin d'un tems pour les vaincre & pour se répandre. Newton étoit dans une sphere si haute, que peu d'hommes pouvoient l'entendre; il a fallu l'étudier lui-même, comme il avoit étudié la nature devinée par son génie. Il a fallu que

quelques disciples soient montés près de lui pour prendre ses enseignemens, pour développer ses principes & ses démonstrations. Certaines vérités ont besoin d'être répétées; les connoissances descendent, ou plutôt les esprits s'élevent: il est pour eux une espece de niveau, comme pour les eaux; mais ce niveau de connoissances ne s'établit qu'avec une lenteur extrême. Depuis un siecle l'astronomie avoit fait de grands progrès par les travaux de Tycho, de Kepler, de Galilée, de Bouillaud, d'Hévélius & de D. Cassini. Les causes du mouvement, le mécanisme de l'univers étoient restés long-tems inconnus; Newton parut, il fit un pas de géant, & tout-à-coup la connoissance des causes fut plus avancée que celle des faits. Il falloit donc multiplier les observations & amasser des faits: il falloit se mettre en état de construire des tables des mouvemens célestes, qui fussent aussi exactes que les déterminations de Newton; car si son systême est la nature, on ne doit le comparer qu'à une nature bien connue. Les Tables Rudolphines de Kepler vieillissoient, elles s'écartoient du ciel (*a*); le tems montroit leurs défauts, & la précision des nouveaux instrumens permettoit d'examiner le ciel de plus près. Les tables Carolines de Street, construites avant l'invention de ces instrumens, ne pouvoient avoir ni plus d'exactitude, ni plus de durée; il falloit donc s'occuper d'une réforme devenue nécessaire. Ce fut l'objet des travaux de Flamsteed & de Halley en Anglererre, & en France de D. Cassini, aidé de Jacques Cassini son fils, de Maraldi son neveu, & de la Hire, qui marchoient sur ses pas, enflammés par son exemple, & guidés par ses instructions.

(*b*) Mém. Acad. Scien. Tom. X, p. 142.

§. II.

La Hire & Maraldi examinerent les mouvemens de Jupiter; la Hire trouva que le lieu de l'aphélie dans les Tables Rudolphines n'étoit pas assez avancé (*a*); Maraldi reconnut que les Tables de Bouillaud avoient besoin d'une correction semblable. La longitude des aphélies est comptée du point de l'équinoxe du printems; & puisque l'équinoxe rétrograde, il faut bien que ces aphélies paroissent avancer. Mais leur progression ne doit pas surpasser cette rétrogradation, & comme elle étoit plus grande, il s'ensuit qu'ils avoient un mouvement propre, par lequel ils s'avançoient lentement le long de l'écliptique. Les nœuds de l'orbite de Jupiter sur cette écliptique doivent, en conséquence de la rétrogradation des équinoxes, paroître s'avancer comme les aphélies. Maraldi compara la position des nœuds, déduite d'une observation chaldéenne faite trois siecles avant notre ère, à la position moderne de ces mêmes nœuds; en 1934 ans ils devoient avoir avancé de vingt-sept degrés, ils n'avoient avancé réellement que de douze degrés & demi; ils avoient donc rétrogradé de quatorze degrés & demi par un mouvement qui leur étoit propre (*b*). Maraldi se contenta de donner ces résultats, & ne se pressa pas d'en tirer des conclusions. La Hire soupçonnoit que ces nœuds pouvoient avoir un balancement semblable à celui qui avoit été observé dans les nœuds de la lune (*c*). Le mouvement progressif de l'aphélie

---

(*a*) Elles annoncerent un passage de Mercure sur le Soleil pour le 6 Mai 1674. Ce passage n'eut point lieu, il arriva peut-être la nuit. *Ibid.* Tom. I, p. 119.

(*b*) Mém. Acad. Sc. 1706, p. 61.

(*c*) *Ibid.*, p. 485

Le même la Hire compara en 1691 la position des nœuds de Vénus, à leur position déterminée par Horrox en 1639. Ces nœuds n'avoient pas avancé de 41', comme ils l'auroient dû faire, selon les Tables Rudolphines, ils avoient plutôt rétrogradé 3 à 4'. (*Mém. Acad. des Scien.* Tom. X, p. 145). Comme cette quantité n'étoit pas décisive,

n'étoit encore bien constaté que pour la lune. Albategnius avoit indiqué le mouvement de l'apogée du soleil, ou de l'aphélie de la terre; Newton, qui ne trouva rien de certain à cet égard dans les déterminations astronomiques, qui douta si les masses des planetes étoient assez fortes pour agir sensiblement les unes sur les autres, établit que les aphélies & les nœuds des planetes étoient en repos (*a*). Les déterminations de Maraldi relativement à l'aphélie & au nœud, montrant dans l'un un mouvement progressif, & dans l'autre un mouvement rétrograde, comme la théorie de Newton le demande, indiquoient l'universalité de la gravitation.

Quant au moyen mouvement de la planete de Jupiter, Maraldi remarqua que dans l'intervalle de quatre-vingt-trois années complettes Jupiter & le Soleil, vus de la terre, reviennent au même point (*b*) du ciel. Mais pour examiner la justesse de cette période, pour connoître exactement le moyen mouvement de la planete, il faut, comme nous l'avons dit, comparer des observations éloignées, qui renferment dans leur intervalle un grand nombre de révolutions; Maraldi avoit ses propres observations & celles de ses contemporains, qu'il

---

on les crut immobiles. Quant à Mercure, en examinant certains passages de cette planete sur le soleil, on trouvoit un mouvement direct des nœuds; d'autres le donnoient un peu rétrograde (*Ibid.* p. 422). D. Cassini en 1697 se détermina à les regarder comme rétrogrades, mais non pas constamment; il y supposoit une sorte de balancement (*Ibid.* p. 215). Ces mouvemens étoient si petits, les observations si rares, qu'on avoit bien de la peine à établir quelque chose de certain. Cependant on peut remarquer que toutes les déterminations se rapprochoient de la théorie, qui montre que le mouvement des nœuds doit être rétrograde.

(*a*) Principes mathématiques, Liv. III, Prop. XIV.

Cependant Newton a prévenu les déterminations astronomiques, & a calculé quel pourroit être le mouvement des aphélies de Mars, de Vénus & de Mercure, en conséquence de l'action de Jupiter & de Saturne sur ces trois planetes. Comme les masses de Mars, de Vénus & de Mercure ne sont pas connues, il n'a pu calculer leur réaction sur Jupiter, pour faire avancer son aphélie. Les mouvemens observés par Maraldi prouvoient que ces masses, quoique petites, avoient encore un effet sensible.

(*b*) Mém. Acad. des Scien. année 1710, p. 314.

pouvoit comparer aux obſervations de Tycho, déjà éloignées de plus d'un ſiecle, à d'autres obſervations faites au commencement du ſixieme ſiecle, & enfin aux obſervations chaldéennes faites trois ſiecles avant notre ère. Il trouva que le moyen mouvement de Jupiter étoit alors plus rapide qu'il ne le fut jadis (*a*).

§. III.

MARALDI examina enſuite la théorie de Mars; il ne fit que quelques légeres corrections aux élémens établis par Kepler dans ſes Tables Rudolphines. Ce grand homme avoit employé tant d'efforts & conſumé tant d'années pour cette planete, qu'il étoit naturel que ſa théorie fût la plus exacte (*b*). Cette planete n'annonça point de dérangement ſenſible; il n'en eſt pas de même de Saturne, qui fut étudié & ſuivi avec le même ſoin. Flamſteed remarqua en 1683 que la période, qui ramene les conjonctions de Jupiter & de Saturne au même point du ciel, eſt plus longue que Riccioli ne le ſuppoſe. Riccioli ne la faiſoit que de 795 ans; Flamſteed la trouve de 853 (*c*). Maraldi s'étoit apperçu en 1704 d'un ralentiſſement dans le mouvement de Saturne (*d*), Horrox l'avoit même ſoupçonné avant lui (*e*); Jacques Caſſini entreprit en 1728 de comparer les obſervations anciennes & modernes, pour en déduire les moyens mouvemens & la théorie de cette planete. Il réſulte

(*a*) Mém. Acad. des Scien. année 1718, p. 318.

Horrox avoit déjà remarqué que le moyen mouvement de Jupiter étoit trop lent dans les Tables Rudolphines de Kepler (*Lettres à Crabtrée*, 3 Juin 1637, p. 289). Mais ſans doute qu'il regardoit ce changement comme une correction des tables, plutôt que comme une accélération réelle du mouvement de la planete.

(*b*) *Ibid.* année 1706, p. 66.

(*c*) Tranſ. philoſ. 1683, n°. 149.

(*d*) Mém. Acad. Scien. 1704, p. 306.

(*e*) Lettre d'Horrox à Crabtrée, 14 Septembre 1639, p. 325.

Tranſactions philoſ. ann. 1683, n° 149.

de ce travail que l'aphélie de Saturne avance par un mouvement qui lui est propre, comme l'aphélie de Jupiter; ce qui confirme toujours la théorie de l'attraction. Il en résulte encore que le mouvement de Saturne paroît se ralentir (*a*), comme Maraldi l'avoit déjà observé. Ce ralentissement de Saturne & l'accélération de Jupiter offroient un phénomène bien singulier, un phénomène entiérement nouveau dans la physique céleste. Qu'auroient dit les anciens qui attribuoient aux astres tant de regle & de sagesse, & sur-tout de constance? Les partisans de Descartes supposoient que les tourbillons de ces planetes se gênent mutuellement en glissant l'un sur l'autre; les partisans de Newton reconnoissoient avec raison l'effet de l'attraction universelle. Il étoit impossible que les deux plus grosses masses de notre systême après le soleil, que ces deux planetes dont les cercles sont voisins, qui ne se séparent dans leurs révolutions que pour se rejoindre au bout de vingt ans, n'eussent une influence sensible l'une sur l'autre, soit pour accélérer, soit pour rallentir leurs mouvemens. Cependant il faut avouer que quelques observations modernes se refusoient au ralentissement de Saturne. Jacques Cassini, par une timidité qui est prudence, n'osa prononcer trop tôt sur ce phénomène nouvellement apperçu : il fit comme tout homme sage, qui manque de données suffisamment sûres, il établit un

(*a*) Mém. Acad. Scien. an. 1728, p. 67.
Le même Jacques Cassini avoit examiné toutes les méthodes employées par son pere & par tous les astronomes, pour trouver dans l'orbite des planetes les points de leurs aphélies & de leurs périhélies (*I id.* 1723, p. 143). En 1728 il proposa une méthode plus générale, qui ne suppose point une ellipse, pourvu que quelle que soit la courbe décrite, le mouvement soit semblable de part & d'autre de l'aphélie, avec des variations égales de vitesse. On suppose seulement qu'on connoisse le mouvement moyen. Alors, comme le mouvement vrai est le plus lent dans l'aphélie, le plus vîte dans le périhélie, il ne s'agit que de choisir dans un grand nombre d'observations celles où le mouvement s'est écarté le plus du moyen mouvement, soit en excès, soit en défaut. Ces instans & les lieux observés donnent les points du périhélie & de l'aphélie. (*Ibid.* 1728, p. 67.

mouvement moyen entre le plus vîte & le plus lent ; il dénonce l'irrégularité aux aſtronômes, pour qu'ils ſoient attentifs à obſerver Saturne dans les circonſtances favorables, & il laiſſe à l'avenir le droit de juger la queſtion.

§. IV.

De tous les phénomènes de Saturne, les plus ſinguliers ſont ceux que préſente ſon anneau : ils avoient été inexplicables juſqu'à Huygens, qui déchiffra cette énigme ; ſon hypothèſe fut univerſellement admiſe. Maraldi en 1714 développa dans le plus grand détail cette explication. Il devoit y avoit cette année une diſparition de l'anneau ; on ſe prépara à l'obſerver. Les deux anſes diminuerent également de largeur, juſqu'au premier Octobre que l'anſe occidentale parut plus étroite ; d'où Jacques Caſſini conclut que les deux anſes n'étoient pas dans le même plan. En effet ſi l'œil eſt inégalement élevé au-deſſus d'elles, une plus grande élévation doit faire appercevoir dans la plus baſſe une partie plus large de l'anneau. Succeſſivement les anſes ſe raccourcirent, le 9 elles étoient réduites à moitié. Comme l'anneau eſt double, on jugea que la partie antérieure, moins éclairée (*a*), avoit diſparu la premiere. Le 12, l'anſe orientale, celle qui le premier Octobre avoit paru la plus large, n'étoit plus viſible ; il ſemble qu'elle auroit dû diſparoître la derniere, à moins qu'elle n'eût changé de côté par un mouvement de rotation de l'anneau. Le 14 Saturne parut entiérement rond.

De cette obſervation, comparée aux obſervations précédentes, Maraldi conclut que les nœuds de l'anneau étoient dans le 19° 45′ de la Vierge & des Poiſſons, & que Saturne

(*a*) *Suprà*, p. 402.

parcouroit 1° 7′, c'est-à-dire, 33′ & demie de part & d'autre autour de ce point, pendant que l'anneau étoit invisible. Les anses doivent donc cesser de paroître pendant un mois environ que Saturne emploie à parcourir cet espace.

Huygens n'avoit montré que deux causes pour la disparition de l'anneau : celle où son plan prolongé passe par le soleil, où l'anneau n'est éclairé que par son épaisseur ; & celle où ce plan, également prolongé, passe par la terre, & où nous ne pouvons voir que l'épaisseur trop petite pour être apperçue. Maraldi découvrit une troisieme cause, c'est lorsque le plan de l'anneau prolongé passe entre le soleil & nous. Le soleil éclaire une surface de l'anneau, tandis que nous ne pouvons regarder que l'autre (*a*). Cette circonstance n'est pas précisément une cause nouvelle de disparition ; mais l'invisibilité, qui a lieu lorsque la terre passe par le plan de l'anneau, se prolonge & subsiste jusqu'à ce que la terre se soit élevée au-dessus de ce plan, & du côté éclairé par le soleil.

Le 10 Février 1715 les anses reparurent (*b*), parce que le plan de l'anneau ne passoit plus par le soleil, qui commençoit déjà à éclairer une de ses surfaces, mais par des rayons très-inclinés. Maraldi a calculé que ce jour-là le centre du soleil n'étoit élevé sur le plan de l'anneau que de huit minutes ; la lumiere envoyée à ce plan & réfléchie vers nous étoit déjà sensible. *Si*

(*a*) Soit (*fig.* 34) la tesre en T, & Satutne en S, le plan de l'anneau SP passant par le soleil A, alors les anses ne sont pas visibles. Soit, quelque tems après la terre en *t* & Saturne en K, le soleil éclaire l'anneau par le rayon AN, & les anses reparoissent. Cependant la tette s'avançant dans son otbite & passant en R, se trouve dans la prolongation du plan de l'anneau KN, & les anses disparoissent de nouveau. Elles restent invisibles non seulement parce que la terre en R ne pent voir que l'épaisseur de l'anneau, mais eneote elles demeurent invisibles tant que la terre, en conséquence du mouvement de Saturne & du sien, n'a pas atteint & dépassé la ligne KRX, pour pouvoir considérer la surface KN, qui est éclairée par le soleil.

(*b*) Mém. de l'Acad. des Scien. an. 1715, p. 11.

l'on considere, ajoute-t-il, *le peu de lumiere que l'anneau pouvoit recevoir du soleil, en conséquence de cette petite élévation, & les espaces presque immenses du ciel, par lesquels il faut que cette lumiere passe, pour aller du soleil éclairer l'anneau qui, est l'objet le plus éloigné de notre systême, & revenir de là jusqu'à nous, pour rendre les anses visibles ; si l'on fait attention que le disque du soleil paroît à Saturne cent fois plus petit qu'à la terre, on en pourra conclure la force prodigieuse de la lumiere du soleil, & la disposition de la matiere propre de l'anneau à nous la renvoyer* (*a*).

Les anses, après avoir repris quelque lumiere, se retrécirent jusqu'au 21 Mars qu'on les vit difficilement. Le 22 l'anse orientale étoit disparue la premiere comme le 12 Octobre, ce qui confirma les conjectures de Jacques Cassini. Le 23 Mars Saturne parut rond, & resta sans anses jusqu'au 12 Juillet que l'anse occidentale parut, l'orientale étant à peine visible. Le phénomène, qui fait paroître plutôt & disparoître plus tard cette anse, nous paroît trop constant pour dépendre d'une rotation de l'anneau. Il seroit singulier que cette rotation se combinât avec toutes les autres circonstances de la disparition & de la réapparition, de maniere à présenter toujours la même apparence. Il seroit peut-être plus naturel de croire que les deux anses, les deux côtés de l'anneau ne sont pas également propres à réfléchir la lumiere. M. Messier, dans la disparition du mois d'Octobre 1773, a vu les anses amincies se réduire à une suite de points lumineux & séparés. Nous les avons vus comme lui ; ces points de lumiere étoient vifs, blanchâtres, scintillans, semblables aux étoiles de la septieme grandeur, vues avec de bonnes lunettes (*b*). Ces points brillans sont

(*a*) Mém. Acad. Scien. 1716, p. 172.

(*b*) *Ibid.* 1773, p. 242, & 1774, p. 49.

semblables à ceux qu'on observe dans la lune, ce sont des inégalités de la surface de l'anneau, ce sont des montagnes qui perdent plus tard & reçoivent plutôt la lumiere. Il ne faut donc supposer que plus de ces aspérités dans une des anses, pour expliquer comment on peut la perdre plus tard de vue, & la revoir plutôt.

§. V.

En même tems qu'on observoit ainsi le mouvement des planetes, & les phénomènes de leurs apparences, on inventoit de nouvelles méthodes, soit pour observer, soit pour tirer le résultat des observations par le calcul. Halley en 1695, donna une méthode simple & exacte pour déterminer le tems des solstices; il remarqua qu'environ cinq jours avant & après ces termes de la course solaire, l'accroissement ou la diminution de l'ombre méridienne du soleil, est comme le quarré du tems écoulé depuis l'instant du solstice. Le rapport peut donc être représenté par une parabole. Halley n'a besoin que de trois observations de la longueur de l'ombre, & il en tire une solution facile du problême. Cette méthode a cela de commode, qu'on n'a pas besoin d'un gnomon dressé exprès; l'ombre d'un bâtiment, d'une tour suffit. On ne s'embarrasse ni de la hauteur du bâtiment, ni de la longueur de l'ombre; la méthode ne demande que les différences de cette longueur aux environs du solstice (*a*). En 1714 M. Delisle le jeune proposa une méthode qui a quelque ressemblance avec celle-ci. Le chevalier de Louville venoit d'adapter le micrometre aux lunettes des instrumens d'astronomie; mais ces

(*b*) Transactions philosoph. année 1695, N°. 215.

instrumens n'ont pas une grandeur suffisante pour rendre très-sensibles les petits changemens de la hauteur méridienne du soleil au tems des solstices. M. Delisle se servit d'une simple lunette garnie d'un micrometre, dirigée & fixée à la hauteur solsticiale du soleil ; c'étoit un instrument dont on pouvoit augmenter la grandeur & la puissance presque à volonté. On n'avoit pas besoin de quart de cercle, puisque le micrometre suffisoit pour mesurer les petits changemens de la hauteur (*a*). Ces méthodes avoient pour objet de perfectionner la détermination toujours difficile du tems des solstices. On n'avoit alors que les observations des solstices & des équinoxes (*b*), & celle des hauteurs méridiennes du soleil (*c*), pour déterminer sa longitude, & son mouvement nécessaire à la connoissance de tous les autres. Flamsteed trouva le moyen de se passer de l'observation directe des solstices & des équinoxes, & il imagina une méthode aussi ingénieuse qu'elle est utile. Le soleil au tems du solstice, est à sa plus grande distance de l'équateur, & s'en

(*a*) Mém. Acad. des Scien. année 1714, p. 239.
Le même Delisle inventa en 1719 la méridienne filaire. La méridienne marquée par une ligne tracée sur le plancher ne permet jamais que des observations incertaines. L'attouchement de l'image solaire est difficile à décider, à cause de la pénombre qui entoure cette image. M. Delisle imagina d'étendre un fil dans la direction de la méridienne. On tient à la main un papier sur lequel on reçoit l'image du soleil, le moment où l'ombre du fil paroît sur le papier est celui du premier attouchement, le moment où elle disparoît est celui du second, & le milieu de l'intervalle est très-précisément le moment de midi, ou du passage du centre du soleil au méridien. (*Ibid.* 1719, p. 54.)

(*b*) D. Cassini imagina une méthode pour trouver la différence des méridiens. L'équinoxe arrive au même instant par toute la terre, sauf la différence des méridiens. En observant dans deux lieux différens la hauteur méridienne la plus proche de l'équinoxe, on pourra conclure à quelle heure l'équinoxe y est arrivée, & la comparaison des heures comptées dans les deux lieux, donnera la différence des méridiens. Une seconde d'erreur dans la hauteur répond à une demi-heure de tems. En répétant ces déterminations, on pourroit avoir un peu plus d'exactitude. Cassini combinoit les observations de l'automne avec celle du printems, il trouvoit le moyen de se passer de la réfraction, de la parallaxe & de la hauteur du pôle, il ne se trompa que de 20″ sur la longitude de Caïenne (*Mém. Acad. des Scien.* Tom. VIII, p. 95). Mais pour donner cette exactitude, la méthode avoit besoin de toute l'habileté de D. Cassini.

(*c*) *Suprà*, Tom. I, p. 698.

rapproche par des pas semblables, & dans des intervalles égaux pour le tems; avant ou après le solstice il est également éloigné de ce cercle. Si deux mois avant le solstice d'été il a douze degrés de déclinaison boréale, on peut être sûr que deux mois après le même solstice il aura encore précisément douze degrés de déclinaison boréale. Fondé sur ce principe, voici ce que Flamsteed a fait : il a choisi une belle étoile pour lui servir de point fixe & de terme de comparaison; & lorsque le soleil s'élevant vers le solstice d'été, est arrivé à la décl naison & à la hauteur de cette étoile, Flamsteed a observé à son mural leur différence d'ascension droite. Le moment où cette égalité de déclinaison a lieu n'est pas toujours précisément celui où le soleil passe dans le méridien, mais en répétant ces observations plusieurs jours de suite à midi, & en observant les petites différences de déclinaison, on détermine l'instant où cette différence a été nulle, & où le soleil étoit précisément dans le parallèle de l'étoile, c'est-à-dire, à la même distance de l'équateur. Flamsteed laisse ensuite le soleil achever son cours & s'élever vers le zenith; il attend que cet astre redescende, & atteigne de nouveau le parallèle de l'étoile : il en marque l'instant par des observations pareilles aux premieres, & le milieu de l'intervalle de ces deux instans est le tems du solstice déterminé avec beaucoup de précision, le tems où le soleil est à 90 degrés du Bélier, d'où l'on compte sa longitude. On a en même tems l'ascension droite & la déclinaison du soleil au moment des deux observations, qui ont précédé & suivi le solstice. On peut en conclure sa longitude, & comme le soleil, dans sa course annuelle, rencontre, en s'élevant ou s'abaissant d'un pôle à l'autre, les parallèles d'une infinité d'étoiles, on

(a) Flamsteed, *Historia cœlestis*, Tom. III, proleg. p. 136.

peut multiplier les obſervations de ſa longitude, & obtenir autant de points qu'on voudra de ſon orbite.

Mais ce n'eſt pas le ſeul avantage de cette méthode ; non ſeulement elle n'a pas beſoin d'employer une étoile dont la poſition ſoit connue, mais elle ſert au contraire à trouver la poſition de cette étoile, puiſqu'on a obſervé ſa différence d'aſcenſion droite avec le ſoleil, lorſque les déclinaiſons étoient égales, & que la méthode a donné l'aſcenſion droite & la déclinaiſon de cet aſtre. On voit qu'il eſt toujours facile d'en conclure l'aſcenſion droite de l'étoile & ſa déclinaiſon. Les anciens, quand ils vouloient déterminer le lieu d'une étoile quelconque, c'eſt-à-dire, ſa diſtance au point inviſible de l'équinoxe du printems, étoient obligés de comparer cette étoile au ſoleil dont ils regardoient la longitude comme ſuffiſamment connue ; mais cette connoiſſance exacte étoit une ſuppoſition. Flamſteed, ſans rien ſuppoſer, détermine la diſtance du ſoleil & celle de l'étoile au point également inviſible du ſolſtice ; & comme le point de l'équinoxe en eſt éloigné de 90 degrés, on en déduit très-exactement la diſtance de l'étoile à ce point. Si ces obſervations n'étoient pas trop longues & trop pénibles, ſi les petites étoiles ne s'y refuſoient pas, attendu qu'elles ne ſont pas viſibles en plein jour & en préſence du ſoleil, on pourroit déterminer ainſi tous les points fixes du ciel & tous les lieux des étoiles : mais cette méthode ſert du moins à établir les poſitions des plus belles, leſquelles ſervent enſuite à déterminer toutes les autres. Cette méthode eſt donc fondamentale pour la connoiſſance des lieux du ſoleil & des étoiles, & on peut la regarder comme la baſe de l'aſtronomie moderne.

§. VI.

Les ſatellites ne furent point négligés dans ces conſidérations

générales des planetes. Pound, aſtronôme connu par pluſieurs obſervations de la grandeur de Jupiter, de ſon aplatiſſement, de l'étendue des digreſſions de ſes ſatellites, donna en 1719 de nouvelles tables du premier ſatellite. Il corrigea le moyen mouvement qu'il rendit un peu plus rapide que dans les tables de Caſſini; mais il avoit été prévenu dans cette correction en 1698 par D. Caſſini *(a)*. Pound introduiſit dans ſes tables un changement utile & commode pour le calcul, c'eſt de rendre toutes les équations additives *(b)*. Les anciens ont connu cette forme de tables où toutes les quantités s'ajoutent, c'eſt la forme des tables indiennes rapportées par M. le Gentil *(c)*. Mais Pound eſt le premier moderne qui en ait inventé ou rappelé l'uſage; il adopta l'équation, qui eſt due à la propagation de la lumiere, & qui eſt commune aux quatre ſatellites *(d)*. Il rendit témoignage de la découverte de Roëmer; & peut-être même eſt-il le premier qui ait employé l'équation de trois minutes & demie, également relative au mouvement de la lumiere, & qui dépend de la poſition de Jupiter dans ſon orbite *(e)*. Halley s'occupa également du quatrieme ſatellite de Saturne découvert par Huygens, il rectifia ſon moyen mouvement; il crut même s'appercevoir que ce mouvement étoit aſſujetti à une inégalité ſemblable à celle des planetes, & qui annonce une orbite elliptique. Cette inégalité étoit d'environ deux degrés & demi *(f)*. Il ne paroît pas qu'elle ait été vérifiée & adoptée, on ne la retrouve point dans les tables *(g)*. Jacques Caſſini en

(a) Mém. de l'Acad. des Scien. Tom. II, p. 214.
Ibid. 1727, p. 374.

(b) Il ne s'agit que de ſouſtraire de la longitude, qui ſert d'époque, la ſomme des équations négatives, alors il n'y a jamais rien à retrancher, il faut toujours ajouter, & on double les équations.

(c) *Voyez* le voyage de M. le Gentil qui va paroître inceſſamment.

(d) Tranſactions philoſophiques, 1719, n°. 361.

(e) *Suprà*, p. 421.

(f) Tranſ. phil. 1683, n°. 145.

(g) Ni dans les tables de Pound, ni dans celles de Caſſini.

1716 observa les mouvemens de ces satellites découverts par son pere, mais encore peu connus. Il rectifia tous ces mouvemens, il soupçonna même qu'ils n'étoient pas uniformes. Le second, le troisieme & le cinquieme sont ceux dont les inégalités parurent le plus sensibles; Cassini estime que celles du troisieme peuvent aller à deux ou trois degrés, & celles du cinquieme à cinq ou six (*a*).

Les satellites de Jupiter s'écartent très-peu du plan de son écliptique (*b*); la lune ne s'éloigne de la nôtre que de quelques degrés. On auroit eu tort d'établir une regle générale sur ces faits, les satellites de Saturne l'auroient démentie. Les quatre premiers semblent destinés à accompagner l'anneau, ils se meuvent dans son plan sous une inclinaison de 30 degrés à l'égard de l'orbite de Saturne autour du Soleil; le plan de l'orbe du cinquieme est moins incliné: Jacques Cassini n'a trouvé cette inclinaison que de 15 degrés (*c*). En comparant les vîtesses des satellites de Jupiter à celles des satellites de Saturne, on trouva que ceux-ci se mouvoient plus lentement. On pensoit alors que le mouvement de rotation étoit analogue à celui des satellites; & comme ceux de Saturne ont plus de vîtesse que la lune, & moins que les satellites de Jupiter, on en conclut que la planete de Saturne tournoit sur son axe plus vîte que la terre, mais moins vîte que Jupiter (*d*).

§. VII.

MARALDI s'étoit entiérement dévoué à l'observation des satellites de Jupiter, & il a laissé cet héritage avec ses vertus

(*a*) Mém. Acad. des Scien 1716, p. 200.

(*b*) Voy. *Suprà*, p. 334, où par une faute d'impression on a mis 20 degrés 55 minutes, au lieu de 2 degrés 55 minutes.

(*c*) Mém. Acad. des Scien, année 1714, p. 375.

(*d*) Mém. Acad. des Scien. année 1716, p. 215.

à un neveu encore vivant & digne de le remplacer. Maraldi, peu de tems avant de finir sa carriere, s'honora par la découverte d'un nouveau phénomène ; il remarqua que les durées des éclipses de ces satellites n'étoient pas toujours les mêmes à égale distance des nœuds. On a vu (a) que les durées des éclipses ne dépendent que de la distance au nœud & de l'inclinaison. Si la distance au nœud est la même dans deux années différentes, & que les éclipses soient plus longues ou plus courtes, il faut que l'inclinaison ait changé. Les observations du premier satellite firent soupçonner à Maraldi cette variation ; il la confirma d'une maniere convaincante en 1729 par les observations du second ; nous n'en citerons qu'un exemple. Le 21 Janvier 1668, Jupiter étant au point où les éclipses doivent être plus courtes, la demi-durée observée fut de 1^h $19'$; le 17 Septembre 1715, dans des circonstances semblables, cette demi-durée ne se trouva plus que de 1^h $7'$ $14''$. Cette différence de douze minutes de tems ne peut être une erreur d'observation.

Maraldi observe qu'on ne peut supposer que trois causes ; 1°. un mouvement dans les nœuds ; 2° une excentricité de l'orbe du satellite ; 3°. une variation dans l'inclinaison. Dans le premier cas, lorsque Jupiter revient au même point de son orbite, il ne seroit plus à la même distance des nœuds, puisque les nœuds ne seroient plus au même lieu ; mais les mêmes observations, qui faisoient voir l'inégalité des demi-durées, prouvoient souvent aussi que les nœuds n'avoient point changé de place ; il n'y avoit donc pas moyen d'imaginer qu'ils eussent aucun mouvement. Dans le second cas, l'excentricité de l'orbite du satellite augmenteroit, ou diminueroit sa distance à

(a) *Suprà*, p. 332.

Jupiter; ce satellite seroit tantôt plus éloigné, tantôt plus près; & le tems de son passage par l'ombre plus long ou plus court, selon qu'il traverseroit une partie plus large, ou plus étroite de cette ombre conique. Mais il faudroit une excentricité énormément grande pour produire les différences observées, & elle seroit très-sensible dans les autres observations. On ne pouvoit donc attribuer cet effet nouveau qu'à un changement de l'inclinaison (*a*).

Maraldi trouva cette inclinaison de 4 degrés 33 minutes; elle avoit augmenté environ d'un degré depuis 1668. Les satellites de Jupiter, comparés au satellite de la terre, à la lune, offroient des singularités remarquables: les nœuds de cette planete ont un mouvement très-rapide, son inclinaison varie peu; les nœuds des satellites au contraire paroissent fixes, & leurs inclinaisons ont une variation très-sensible. D'ailleurs si l'inclinaison de la lune varie, elle se rétablit dans le cours d'une année; on y reconnoît l'effet de l'action du soleil qui se manifeste encore si puissamment, en accélérant ou retardant la vîtesse de la planete. L'inclinaison du second satellite au contraire paroissoit croître constamment, ce qui annonçoit au moins une période très-longue. Tout paroissoit alors bien réglé dans les petits orbes des satellites, ils marchoient d'un pas assez égal, & avec une sorte d'uniformité; leurs nœuds sembloient immobiles: il n'y avoit que le plan de l'orbite qui s'élevoit constamment dans une période, & par une cause inconnue.

Aussi lorsqu'en 1732 M. Maraldi le neveu eut reconnu une variation semblable dans le troisieme satellite, & apperçu une excentricité dans l'orbite du quatrieme (*b*), M. de Fontenelle,

(*a*) Mém. Acad. Scien. an. 1729, p. 333.

(*b*) *Ibid.* 1732, p. 96 & 472.

ſouvent heureux dans ſes prédictions, diſoit-il : » tout ceci » commence à vérifier ce que nous avions annoncé & en » quelque ſorte prédit en 1727 que les hypothèſes de la » concentricité des orbes des ſatellites, de l'immobilité de » leurs nœuds, de la conſtance de leur inclinaiſon, pourroient » bien ne pas ſubſiſter ; elles n'étoient pas aſſez phyſiques, & » ce n'eſt pas-là la ſorte de régularité que la nature affecte. » Voilà déjà la conſtance des inclinaiſons ébranlée dans les » trois premiers ſatellites, la concentricité dans le quatrieme. » L'immobilité des nœuds tient bon juſqu'à préſent, mais il » y a bien de l'apparence qu'à la fin tout aura le même » ſort (*a*). » Tout ce que M. de Fontenelle prédit ici a été vérifié.

§. VIII.

DANS l'intervalle que nous parcourons, on ajouta pluſieurs perfections utiles aux inſtrumens ; la premiere eſt celle des fils qui ſe croiſent au centre de la lunette ſous un angle de 45 degrés. Si l'on obſerve deux aſtres qui puiſſent paſſer enſemble, ou du moins ſucceſſivement dans le champ de la lunette, ſans la changer de poſition, & que l'on marque les inſtans du paſſage de ces aſtres au fil vertical & aux deux fils obliques, on aura non ſeulement la différence de leur aſcenſion droite, mais celle de leur déclinaiſon (*b*) ; cet aſſemblage de fils croiſés ſe nomme un réticule (*c*). Le ſeul inconvénient, c'eſt la difficulté

(*a*) Mém. Acad. des ſcien. année 1732, Hiſt. p. 85.

(*b*) Si les deux étoiles (*fig.* 35) ont paſſé au fil oblique en A ou en C, & au fil vertical en B & en D, on connoît par l'intervalle des paſſages les eſpaces AB, CD. Mais comme l'angle CED eſt de 45 degrés, les lignes CD & DE ſont égales, ainſi que les lignes AB & BE. Ainſi la différence des tems des paſſages des deux étoiles au fil vertical donne la différence de l'aſcenſion droite ; & la différence des eſpaces ou des arcs AB & CD donne l'eſpace BD, qui eſt la différence de déclinaiſon.

(*c*) J. Caſſini donna en 1694 une méthode par laquelle il pouvoit déduire les diametres des planetes des paſſages de leurs bords aux fils obliques (*Mém. Acad. Sc.* T. II, p. 145).

de voir les fils pendant la nuit : on peut les éclairer au moyen d'une lumiere, placée en dehors auprès de l'objectif de la lunette ; mais cet uſage même n'eſt pas encore ſans inconvénient ; les aſtres paroiſſent vacillans & tremblans, parce que la lumiere communique ſon agitation à leur image. Maraldi préféra de remplir les intervalles entre deux fils, l'un oblique & l'autre vertical, par une lame de métal (*a*) ; les étoiles diſparoiſſent en ſe cachant derriere cette lame, & ſe remontrent après l'avoir traverſée. Tout le tems que l'aſtre a été perdu de vue eſt celui qu'il a employé à paſſer du fil vertical au fil oblique (*b*).

En 1701 la Hire imagina un réticule pour l'obſervation des éclipſes. Mœſtlin meſuroit la grandeur de l'image du ſoleil, en la recevant dans une chambre obſcure, ſur un papier où il avoit tracé pluſieurs cercles concentriques (*c*) meſurés d'avance ; il ne s'agiſſoit plus que de déterminer celui qui enfermoit l'image. Cette invention ſervit enſuite aux éclipſes de ſoleil.

(*a*) Voyez la *fig.* 36. M. Bradley a rendu cette diſpoſition encore plus commode, en inventant le réticule rhomboïde. Ce réticule eſt formé effectivement de quatre petites lames étroites de métal, qui forment un parallélogramme rhomboïde ; elles ſuffiſent pour faire perdre l'étoile de vue pendant quelques momens, & par conſéquent pour fixer l'inſtant de ſon entrée dans cet eſpace, & celui de ſa ſortie. Alors ſi on a vu (*fig.* 37) une étoile entrer en *a* & ſortir en *b*, le milieu de l'intervalle eſt le tems de ſon paſſage en *f*. On a de même le tems du paſſage d'une autre étoile en *g* ; la différence de ces tems eſt celle de leur aſcenſion droite. Comme on a le tems que l'une a mis à aller de *a* en *b*, & l'autre de *c* en *d*, les moitiés ſont les tems qu'elles ont mis à aller de *a* en *f* & de *c* en *g*, & la différence de ces moitiés réduite en arc de grand cercle eſt la différence *fg* de leurs déclinaiſons. Il faut cependant remarquer que lorſque les étoiles paſſent, l'une dans la partie ſupérieure, l'autre dans la partie inférieure du réticule, leur différence de déclinaiſon eſt *hg*, qui eſt égale à la ſomme de *cg* & de *hk* ; il faut donc ajouter le tems qu'une étoile a mis à aller de *c* en *g* au tems que l'autre a mis à aller de *k* en *h*, c'eſt la différence de leur déclinaiſon. Mais comme la nuit on pourroit ſe tromper, & croire qu'une étoile a paſſé dans la partie ſupérieure, tandis qu'elle a paſſé dans l'inférieure, M. Bradley a laiſſé l'eſpace P qui eſt entiérement couvert d'une lame de métal ; les étoiles qui paſſent dans la partie inférieure diſparoiſſent en ſortant du rhombe & reparoiſſent un moment après ; celles qui ſortent de la partie ſupérieure ne reparoiſſent plus.

(*b*) Mém. Acad. des Scien. année 1706, p. 73.

(*c*) *Suprà*, Tom. I, p. 125.

On choisit la veille celui de ces cercles, qui cadroit exactement avec la grandeur de l'image solaire ; ce cercle étoit divisé par six cercles concentriques, qui coupoient sur le diametre les douze doigts par lesquels on mesure la grandeur des éclipses. L'invention fut appliquée aux éclipses de lune : on fit un réticule composé de treize fils de soie qui embrassoient le diametre de la lune & le divisoient en douze parties ; on arrangea même des fils circulairement, pour en former des cercles concentriques, qui divisassent l'image de la lune dans la lunette, comme celle du soleil étoit divisée sur le carton. Ce réticule pouvoit également servir aux éclipses de soleil ; mais il avoit plusieurs inconvéniens : 1°. le même ne pouvoit servir qu'à une seule lunette & à une seule éclipse, parce que l'étendue de ce réticule devoit être égale à la grandeur de l'image, qui dépend de la force de la lunette, & qui d'ailleurs varie dans chaque éclipse : 2°. il avoit un inconvénient de plus à l'égard de la lune ; c'est que comme son diametre augmente à mesure qu'elle s'éleve sur l'horizon, ou diminue lorsqu'elle descend (*a*) ; le réticule qui convenoit au commencement de l'éclipse ne convenoit plus à la fin, il en falloit un qui pût varier à la volonté & au besoin de l'observateur. La Hire composa une lunette, à laquelle il donna deux objectifs appliqués l'un contre l'autre ; ces deux objectifs forment à leur foyer commun une image d'une certaine grandeur : or en éloignant les deux objectifs l'un de l'autre, on augmente à proportion la grandeur de l'image. On voit aisément qu'en plaçant au foyer de ces deux objectifs un réticule circulaire, divisé en douze parties égales, il suffira que l'un de ces objectifs soit mobile dans son tuyau, pour faire toujours cadrer la grandeur de l'image & celle du réticule (*b*). Telle est l'invention de la Hire.

(*a*) *Suprà*, p. 496.

(*b*) Mém. Acad. Sc 1701, Hist. p. 92.

Il remarqua depuis que dans certains cas cette lunette deviendroit trop longue & ne seroit pas commode. Il inventa un nouveau micrometre, qui consistoit dans un compas à doubles branches, dont deux assez courtes, & les deux autres assez longues; les petites étoient recourbées : le tout a la figure d'une tenaille dont les extrémités, destinées à se toucher, sont terminées en pointes très-fines. Il introduisoit ces courtes branches dans le tuyau de la lunette, par une ouverture ménagée exprès, & il saisissoit, il prenoit les disques, la petite distance des astres qu'il vouloit mesurer; il y trouvoit l'avantage de se passer du fil fixe des micrometres qu'il est difficile de bien placer sur le bord du disque, & qu'il est encore plus difficile d'y conserver, parce que l'astre se meut. On conçoit qu'il est aisé de savoir, comme dans tous les micrometres, à quelle partie d'un cercle céleste répond l'ouverture des longues branches, qui est proportionnelle à celle des petites (*a*). Ce micrometre avoit la commodité de s'appliquer également bien à toutes les éclipses & à toutes les mesures qui pouvoient se prendre dans le champ de la lunette (*b*). Le micrometre d'Auzout a cependant toujours été préféré : mais nous devons rendre compte de ces inventions; il est d'ailleurs utile de les conserver, parce qu'elles peuvent en produire d'autres. Nos connoissances ne s'étendent que par des combinaisons, & les idées du passé entrent dans la composition des idées présentes.

§. IX.

L'ASTRONOMIE avoit encore deux instrumens dont nous

(*a*) Kirch avoit imaginé un micrometre du même genre ; deux branches de métal, conduites par des vis, s'avançoient dans le champ de la lunette directement l'une vers l'autre, & embrassoient le diametre d'une planete, ou la distance de deux étoiles. (*Mém. Acad. Berlin.* T. I, p. 202).

(*b*) Mém. Acad. Scien 1717, p. 60.

devons dire la forme & l'ufage; l'un eft *l'inftrument des paffages*, & l'autre la *lunette parallatique*. Les anciennes méthodes d'obferver le tems des paffages de deux aftres dans un même vertical, avec leurs hauteurs fur l'horizon, pour en conclure leur pofition refpective dans le ciel, avoit fait fentir le befoin d'un inftrument qui pût être fixe dans un vertical. Roëmer (*a*) imagina en 1689 de placer & de faire mouvoir verticalement une lunette, fur un axe horizontal appuyé fur des fupports; c'eft l'inftrument des paffages : lorfqu'il eft bien fixé dans un vertical, & que la lunette fuit ce vertical depuis le zenith jufqu'à l'horizon, on n'a befoin que d'élever la lunette, pour atteindre les différens aftres qu'on veut y voir paffer. Cet inftrument a été perfectionné depuis par Graham (*b*). Aujourd'hui que les aftronômes ont entiérement abandonné l'obfervation des paffages dans les verticaux, on le dirige dans le méridien, où il a les mêmes ufages que le mural (*c*); mais il eft plus aifé à placer dans ce plan, & d'ailleurs il peut fe tranfporter, & fervir dans les voyages entrepris pour des opérations aftronomiques. On ne trouve pas facilement un mur folide & difpofé à recevoir un mural; l'inftrument des paffages, nommé auffi *lunette méridienne*, eft accompagné de fes fupports; une maçonnerie promptement conftruite fuffit pour l'établir.

Mais en renonçant aux obfervations faites dans les verticaux, on auroit infiniment diminué les occafions, & le nombre des obfervations, fi l'on s'étoit borné à celles qui fe font dans le méridien. L'avantage d'obferver dans ce plan eft que la différence des tems des paffages donne tout de fuite la différence

(*a*) M. le Monnier, Hiftoire célefte, p. LXXVI.
M. de la Lande, *Aftron.* art. 2388.

(*b*) M. le Monnier, *ibid.* p. LXXV.

(*c*) *Suprà*, p. 287 & fuiv.
Roëmer le dirigeoit auffi dans le méridien. Mémoires de l'Acad. de Berlin, T. III, p. 276.

des

des ascensions droites, & que la différence des hauteurs donne également celle des déclinaisons. Les astres, dans leur mouvement diurne d'orient en occident, décrivent des parallèles à l'équateur; la difficulté de les suivre & de les retrouver, avec des instrumens tels que les quarts de cercle & les sextans, dont les mouvemens sont horizontaux & verticaux, fit imaginer de disposer une lunette, de maniere qu'elle décrivît un parallèle à l'équateur. Cette invention est du P. Gruenberger; elle a servi en 1626 au P. Scheiner pour considérer & observer commodément les tables du soleil (*a*): elle a été perfectionnée en 1721 par Jacques Cassini (*b*). Une lunette est attachée à un axe, autour duquel elle décrit des cercles (*c*); il ne s'agit que de placer cet axe comme l'axe du monde, comme l'axe de l'équateur, autour duquel se meut notre globe, pour que la lunette imite, suive ce mouvement, & marche comme tous les astres que l'on veut observer; on n'a besoin que d'élever, ou d'abaisser la lunette pour chercher l'astre & se conformer à sa déclinaison: l'astre une fois trouvé, la lunette le suivra toujours dans son cours diurne.

Lorsque deux astres ont à-peu-près le même parallèle & la même déclinaison, on peut donc fixer la lunette dans un point de ce parallèle, & y attendre successivement les deux astres. Si la lunette est garnie d'un des réticules que nous avons décrits, la différence des passages au fil vertical, donnera la différence d'ascension droite, & par les passages au fil oblique on connoîtra la différence de déclinaison (*d*). Ce petit instrument portatif a beaucoup d'usages; on peut observer dans

(*a*) M. de la Lande, *Astron.* art. 2400.
(*b*) Mém. Acad. Scien. 1721, p. 18.
(*c*) *Voy.* la figure 38.
(*d*) *Suprà*, p. 596.

tous les points du ciel, avec la même commodité qu'au méridien. Les grands instrumens qui y sont fixés ont par cette grandeur plus d'exactitude ; on les réserve pour les déterminations importantes & fondamentales : mais la nécessité de profiter des intervalles, que laissent les nuages sous un ciel inconstant, fait employer le plus souvent la machine parallatique pour les cometes, pour les planetes, pour fixer la position des petites étoiles, & pour une infinité d'autres observations.

§. X.

PENDANT qu'on perfectionnoit les instrumens, les méthodes d'observer, & qu'on préparoit des observations pour servir de base à la connoissance exacte des mouvemens des planetes, on ne négligeoit point les phénomènes de leur apparence; on étoit attentif à ce qui se passoit sur leurs globes & aux changemens de leurs surfaces.

D. Cassini, qui avoit découvert le mouvement des taches & la rotation de Jupiter, revenoit constamment à ce spectacle, pour en considérer les variations; ces taches se détruisent & se renouvellent souvent à la même place, & après de longs intervalles. Cassini soupçonna que leurs retours pourroient bien avoir une période réglée & de 12 ans, comme la révolution périodique de Jupiter, ou de 83 ans que cette planete employe à revenir au même aspect de la terre & du soleil, & au même point du zodiaque. Quant au mouvement produit par la rotation de Jupiter, il crut voir que les taches marchoient plus vîte au centre que près des bords ; ce qui est contraire à l'effet optique ; & ce qui sembleroit annoncer un mouvement propre aux taches, combiné avec la rotation du globe. Cassini remarqua encore que cette rotation paroissoit plus longue d'en-

viron une minute, lorsque Jupiter étoit apogée, ou le plus loin de la terre (*a*).

En 1714 on fit attention que dans l'année 1708, ainsi que dans l'année 1672, où Jupiter avoit été également aphélie, la durée de sa révolution diurne avoit paru plus courte de 10 à 12″ qu'en 1675 & en 1713, où Jupiter étoit périhélie (*b*). Il sembleroit donc que la proximité du soleil diminuât la vîtesse de la rotation; conclusion absolument opposée au sentiment de Kepler & de quelques astronômes de son tems, qui pensoient que les planetes tournent plus vîte sur leur axe lorsqu'elles sont plus près du soleil. Il est bien étonnant que l'on n'ait pas répété ces observations, & par les moyens les plus exacts, pour décider une question très-grande & très-importante, celle de l'égalité, ou de l'inégalité des révolutions de la terre. La durée des jours est notre mesure commune, nous l'employons à tout; il seroit très-utile de la vérifier. Si Jupiter se meut plus lentement sur lui-même, lorsqu'il est plus près du soleil, il pourroit bien arriver que les jours de nos hivers fussent un peu plus courts que ceux de nos étés.

La surface de Mars montra aussi des changemens: au mois d'Août 1719 cette planete devoit être le plus près de la terre; tous les 32 ans elle se trouve en même tems & dans son périhélie, & dans son opposition. On observa ses taches, & on confirma par de nouvelles observations la durée de sa révolution diurne de $24^h\ 40'$ déterminée par D. Cassini. On voit sur ce globe une tache vers le pôle méridional, en forme de zône polaire; elle étoit susceptible de changer d'éclat, & quand elle étoit très-claire, Mars ne paroissoit pas rond. On

(*a*) Mém. Acad. scien. Tom. II, p. 81.

(*b*) Mém. Acad. Scien. 1714, p. 26.

jugea que c'étoit par la même apparence que la partie claire de la lune paroît excéder les bornes du disque obscur, & apartenir à un plus grand cercle. C'est l'effet de l'irradiation des parties éclairées sur les parties obscures (*a*). On crut s'appercevoir que le retour de l'éclat de cette tache avoit quelque rapport avec la révolution diurne de Mars, & qu'il arrivoit après 36 de ces révolutions. Cette apparence claire est la seule tache qui se soit conservée, quoiqu'avec quelque diversité de grandeur & de clarté, pendant que les autres ont changé de figure, de situation, & même ont disparu entiérement (*b*). Ce qui est singulier, c'est qu'on a vu au pôle septentrional de cette planete une clarté semblable à celle qu'on observe au pôle méridional, mais qui subsiste seule, l'autre a disparu. Ces deux lumieres étoient placées aux deux pôles, comme si elles avoient quelque analogie avec le fluide magnétique, ou avec les aurores boréales.

Vénus n'offrit point de taches, celles que Cassini & Bianchini virent à Rome n'étoient point visibles à Paris; mais on remarqua sur sa surface des aspérités considérables & des montagnes plus hautes que celles de la lune; & par conséquent bien plus élevées que les nôtres (*c*). C'est peut-être une des causes de

(*a*) Cette extension des objets éclairés sur les objets obscurs paroît générale; c'est pour cette cause que les étoiles semblent entrer d'abord sur le corps de la lune avant de disparoître derriere son disque (*Suprà*, p. 384). M. Delisle vit en 1715 Vénus entrer presque toute entiere sur le disque de la lune avant de disparoître (*Mém. Acad. Scien.* 1715, p. 135). Ce phénomène n'eut pas lieu, la même année, lorsque Jupiter fut éclipsé par la lune, parce qu'on employa une lunette de 34 pieds. L'irradiation diminue en raison de la force des lunettes (*Ibid.* p. 159). C'est pourquoi les étoiles paroissent d'autant plus petites qu'on les considère avec de plus grandes lunettes qui les dépouillent de leur éclat étranger & de cette irradiation. Les feux terrestres sont assujettis à cette extension apparente, comme les feux célestes. Picard trouva qu'un feu qui ne devoit paroître que sous un angle de 5″ $\frac{1}{4}$ à raison de sa distance, mesuré avec un instrument, paroissoit cependant sous un angle de 8″ (*Mém. Acad. Scien.* Tom. VII, Part. I, p. 20.

(*b*) *Ibid.* 1720, p. 44.

(*c*) Hist. de l'Acad. des Scien. an. 1700, p. 121

l'éclat de Vénus. Toutes ces aspérités multiplient les surfaces qui réfléchissent la lumiere. On vit des taches, ou du moins on en soupçonna sur Mercure, précisément dans les tems où il est invisible. Depuis l'application des lunettes aux instrumens, la présence du soleil n'empêche point de voir les planetes; on observe souvent Vénus & Mercure au méridien. La Hire le fils a remarqué que quelquefois on ne peut pas appercevoir Mercure au méridien, quoiqu'il soit alors plus loin du Soleil qu'il n'est nécessaire pour le distinguer: il s'est assuré, par des observations faites le même jour le matin ou le soir, que les tables donnoient fort exactement le véritable point du ciel où il falloit chercher Mercure, & cependant Mercure ne s'y trouvoit point, ou du moins n'y paroissoit pas. La Hire en conclut que Mercure pourroit bien avoir des taches qui, lorsqu'elles sont tournées vers nous, affoiblissent son éclat & le rendent plus difficile à distinguer au milieu du jour (a); mais il seroit aussi naturel de croire que la densité de l'air, les vapeurs qui y sont mêlées, même sans être sensibles, peuvent être la cause de l'invisibilité de Mercure. L'astre reste caché lorsque le voile est plus épais.

§. XI.

Il n'est point d'idée si singuliere & si extravagante qui ne naisse dans la tête des hommes. On a été bien des siecles à se persuader que la terre tourne sur elle-même & autour du soleil, parce qu'on voyoit le soleil se mouvoir; il a fallu opposer le témoignage de la raison à celui des yeux; mais il ne s'ensuit pas que les yeux ayent toujours tort. Depuis un grand nombre de siecles la lune avoit été en possession de tourner autour de

(a) Mém. Acad. des Scien. année 1706, p. 96.

la terre ; mais elle trouva un nouveau Copernic, qui entreprit ſans néceſſité de démentir les yeux, de mettre la lune en mouvement autour du ſoleil dans un orbe annuel, & de forcer notre globe de tourner autour de ſon ſatellite. Le P. Dom Alexandre, Bénédictin, avança cette opinion dans une diſſertation ſur les cauſes du flux & du reflux de la mer (a). Cette idée bizarre n'étoit pas ſi facile à combattre qu'on pourroit le penſer ; les apparences ſont à très-peu près les mêmes, ſoit que la terre ait réellement les mouvemens que nous lui connoiſſons, ſoit que nous tranſportions ces mouvemens à la lune, pour donner les ſiens à la terre. Les Coperniciens, qui avoient dépouillé le ſoleil, n'étoient pas trop en droit de ſe plaindre que la terre fût dépouillée à ſon tour ; ils ne pouvoient pas oppoſer le témoignage des yeux, puiſqu'ils l'avoient compté pour rien : cependant cette nouvelle hypothèſe n'avoit point pour elle toutes les raiſons de vraiſemblance qu'avoit le ſyſtême de Copernic. Quelle apparence qu'une groſſe planete tournât autour d'une petite ! Que cette groſſe planete décrivît un petit cercle, tandis que la petite en décriroit un très-grand! L'analogie tirée de tous les faits de notre ſyſtême ne permettoit pas de le ſuppoſer : mais l'analogie peut nous tromper ; le peu de vraiſemblance d'une opinion ne ſuffit même pas pour la détruire, il faut des démonſtrations. La nouveauté & la hardieſſe de cette idée piquerent la curioſité de M. de Mairan, qui examina la queſtion avec ſa ſagacité ordinaire ; il trouva que ſi la terre ſe mouvoit autour de la lune en un mois, le mouvement du ſoleil paroîtroit un peu plus rapide dans les nouvelles lunes, & plus lent dans les pleines lunes. Cette inégalité très-obſervable n'a jamais été apperçue. M. de Mairan trouve encore

(a) Impr. à Bordeaux & à Paris en 1726.

que la longueur de l'année solaire seroit variable, & d'une quantité quelquefois de sept heures dans deux années comparées (a). L'hypothèse du mouvement de la terre autour de la lune n'a donc jamais eu que deux partisans, le bénédictin Dom Alexandre & un génois peu connu qui l'avoit précédé (b). La peine que M. de Mairan a prise de combattre sérieusement une hypothèse folle, prouve le soin que l'astronomie moderne apporte pour discuter les hypothèses admises, & pour rejeter celles qui ne doivent pas l'être.

§. XII.

Nous passons à des recherches sur la réfraction. La théorie de ce phénomène de l'atmosphère est fondée sur un principe qui paroît certain, c'est le passage de la lumiere d'un milieu plus subtil dans un milieu plus dense. Mais la raison voit mieux quand les yeux voyent avec elle; nous sommes plus sûrs du mécanisme de la nature quand nous avons l'art de le répéter. On imagina en Angleterre qu'on pouvoit produire le phénomène de la réfraction, en faisant passer un rayon de lumiere à travers un espace privé d'air, à travers le vide de la machine pneumatique; on se proposa d'observer l'inflexion de sa route en rentrant dans l'air; l'expérience réussit parfaitement à MM. de la Société royale de Londres (c). Homberg, chimiste & habile physicien, la répéta à Paris & la manqua. On crut que la réfraction ne s'opéroit point en entrant dans l'atmosphère, mais en traversant les différentes couches d'air plus ou moins grossier qui la composent. La théorie de D. Cassini, qui démon-

(a) Mem. Acad. des Scien. année 1727, p. 63.

(b) Cette idée avoit déjà été proposée par Baliani noble & savant Génois. (Riccioli. *Almag.* T. II, p. 311).

(c) Trans. phil. 1699, n°. 257.

troit que la zône sensiblement réfractive de l'atmosphère ne s'élevoit pas au-delà de 2000 toises, pouvoit aussi conduire à cette conclusion. C'est ainsi que les expériences curieuses de Newton sur les couleurs, mal répétées par Mariotte, firent douter quelque tems en France de la belle théorie du philosophe Anglois. L'expérience, qui doit hâter les progrès de nos connoissances, peut donc quelquefois les retarder.

Homberg s'étoit servi d'un tuyau de fer-blanc dont il avoit pompé l'air; au bout de ce tuyau étoit ajoutée une lunette ordinaire, garnie à son foyer de fils en croix. On pointoit à un objet exactement placé sur l'intersection des fils : s'il y a réfraction, en passant de l'air dans le vide, c'est en conséquence de cette réfraction que l'objet répond à l'intersection des fils; en laissant rentrer l'air dans le tuyau, en anéantissant la différence des fluides qui produit la réfraction, l'objet devoit changer de place, & ne plus répondre à l'intersection des fils; c'est cependant ce qui n'arriva pas (*a*).

L'expérience réussit en 1719 à M. Delisle; il pensa que dans le premier essai le tuyau n'étoit pas bien fermé, & que l'air y rentroit à mesure qu'on le pompoit. Il y avoit un moyen de s'assurer de la sortie de l'air, & du vide opéré par la pompe, c'étoit d'introduire un barometre dans le tuyau purgé d'air, & de voir si le mercure étoit à son niveau, ou du moins à peu-près. M. Delisle, après avoir fait & ainsi vérifié le vide du tuyau, trouva pour une inclinaison de 45 degrés une réfraction de 45 secondes. Cette réfraction est un peu plus petite que la réfraction astronomique, qui a lieu dans l'atmosphere pour une inclinaison, ou pour une hauteur de 45 degrés; on croyoit qu'elles devoient être égales, parce que Newton a

(*a*) Hist. Acad. des Scien. 1700, p. 115.

démontré

démontré que le détour total d'un rayon de lumiere, l'angle du changement de ſa route, lorſqu'il a traverſé une infinité de couches, toujours de plus en plus denſes, eſt le même que s'il avoit paſſé tout de ſuite de la premiere à la derniere, de la plus ſubtile à la plus groſſiere. Si les eſpaces céleſtes étoient auſſi vides de toute matiere fluide que le tuyau purgé d'air, la lumiere paſſant de ce vide dans la couche épaiſſe de l'air où nos yeux & nos inſtrumens ſont plongés, éprouveroit donc à 45 degrés d'inclinaiſon une réfraction de 45 ſecondes (a); & comme cet effet eſt détruit par la préſence de l'air, lorſqu'il rentre dans le tuyau, il eſt clair qu'il doit diminuer, que la réfraction doit être moindre, en proportion de ce que le vide ſera moins parfait, & de ce que le tuyau ſera rempli d'un fluide plus ou moins rare, d'un air plus ou moins dilaté. Mais au contraire la réfraction opérée dans l'atmoſphere, eſt à la hauteur de 45 degrés de 59 ſecondes, ſelon D. Caſſini, & de 66 ſecondes, ſelon M. de la Caille. Il s'enſuit évidemment que le détour de la lumiere eſt plus grand, le changement de ſa route, toujours proportionnel à la différence des milieux traverſés, eſt plus conſidérable dans la réalité que dans l'expérience artificielle. Les eſpaces céleſtes ſont donc encore plus vides de toute matiere que l'eſpace de ce tuyau. Le vide de la nature eſt plus parfait que le nôtre, ou du moins le fluide inſenſible que nous nommons éther, eſt infiniment plus rare & plus ſubtil que celui qui reſte malgré nous dans les eſpaces, où nous nous ſommes efforcés de faire le vide par tous les moyens humains. La conſtance du mouvement des aſtres, qui ſubſiſte depuis des millions d'années ſans altération, a perſuadé à Newton que ces grands corps nagent dans le vide,

(a) Mém. Acad. des Scien. 1719, p. 330.

où les ressorts du mouvement agissent avec liberté & sans résistance. Les expériences nouvelles justifient ses vues & ses pensées. Newton eût sans doute été content que notre vide factice produisît les mêmes effets que l'éther céleste, mais ce vide même n'y suffit pas. Le fluide de l'éther est donc plus subtil que nous ne pouvons nous le figurer par la pensée, ou plutôt les espaces remplis de ce fluide seul, sont, relativement à nous, un vide réel, puisque tout ce qui est insensible à nos organes, n'existe pas pour nous.

§. XIII.

Il étoit curieux de connoître si cette réfraction est toujours proportionnelle à la différence de la densité des milieux. En laissant rentrer peu à peu de l'air dans le tuyau, on auroit diminué la réfraction ; mais on auroit eu des quantités trop petites pour être mesurées avec exactitude. Il ne faut jamais oublier que rien de ce que nous faisons n'est sans erreurs ; & nous ne pouvons compter sur les résultats que lorsqu'ils sont assez grands pour n'être plus en proportion avec ces erreurs. Les Anglois imaginerent de condenser l'air dans le tuyau, d'en augmenter la quantité au lieu de la diminuer, comme on avoit fait dans l'expérience précédente. Le barometre & la hauteur du mercure, soutenu par le poids de l'air, furent leur regle ; ils condenserent l'air, ils s'assurerent d'en avoir doublé la quantité, en voyant monter le mercure au double de sa hauteur ordinaire : alors la réfraction fut la même que lorsque le tuyau étoit vide, mais elle fut dans un sens opposé. On voit que cela devoit être ainsi ; des trois positions vuës à travers le vide, l'air simple & l'air double en densité, celle qui est à travers l'air simple doit occuper le milieu. Comme les les proportions étoient les mêmes, les réfractions furent égales.

On poussa l'expérience encore plus loin; on tripla la quantité d'air, la hauteur du barometre fut triplée, & la réfraction resta dans le même sens, mais elle fut double. On fut donc certain que les réfractions sont proportionnelles à la densité relative des milieux. M. Delisle, qui répéta toutes ces recherches, trouva que la régle n'étoit exacte & vraie que dans les grandes hauteurs du mercure; quand il approche de son niveau, quand la quantité diminuée de l'air approche du vide, une légere différence dans la hauteur du mercure en produit une grande dans la réfraction (*a*). Au reste, en descendant à ces petites quantités, nous nous approchons des élémens des choses; c'est là que la nature est plus cachée & plus difficile à pénétrer. Nous n'avons plus d'instrumens assez fins, nos erreurs se mêlent à nos résultats, & il est à craindre que nous ne prenions nos fautes pour ses écarts & ses inégalités.

§. XIX.

QUOIQUE Newton eût démontré que la réfraction est la même que si le rayon de lumiere passoit immédiatement de l'éther, du vide dans l'air grossier qui nous environne, il n'en est pas moins vrai que cette réfraction ne se produit que peu à peu & par degrés. Le rayon quitte sa route en entrant dans l'air, il en change à chaque pas, à chaque couche d'air plus dense où il pénetre; ce n'est donc point par une ligne droite, c'est par une courbe qu'il vient à notre œil. La Hire, aussi bon géometre qu'il étoit habile astronôme, démontra que la courbe étoit celle que les géometres nomment *épicycloïde* (*b*). En partant

(*a*) Mém. Acad. des Scien. année 1719, p. 330.

(*b*) En supposant les extensions de l'air à différentes hauteurs, ou ses différentes densités, en raison des racines quarrées des hauteurs.

de la réfraction horizontale de 32 minutes & de l'abaissement de 18 degrés au-dessous de l'horizon, qui est celui où finit le crépuscule, & où la lumiere du soleil cesse de nous être renvoyée, il a trouvé par une méthode semblable à celle d'Alhazen (*a*), que la hauteur de l'atmosphere ne pouvoit être moindre que 31947, & ne pouvoit surpasser 37223 toises; & par un milieu, il établit cette hauteur de 34585 toises, ce qui fait un peu plus de quinze de nos lieues de 2283 toises. Montanari, comme nous l'avons dit, avoit estimé par la parallaxe d'un météore, que l'atmosphere devoit s'étendre jusqu'à quinze lieues de la surface de la terre. La Hire, sans déduire ses raisons, pensoit que cette hauteur n'étoit point partout la même, & que l'atmosphere pouvoit être plus haute aux pôles qu'à l'équateur (*b*).

D. Cassini n'étoit plus alors, J. Cassini son fils fut sans doute étonné de ce résultat; il avoit droit à la théorie des réfractions qui avoit été presque créée par son illustre pere, il devoit prendre intérêt à ses résultats. On pouvoit trouver singulier que les crépuscules donnassent 34000 toises pour la hauteur de l'atmosphere, tandis que les réfractions n'en donnoient que 2000. D. Cassini avoit supposé que le rayon de lumiere nous parvient en ligne droite; il falloit donc recommencer son travail, en admettant la courbure du rayon depuis longtems soupçonnée. Son fils commença par déduire immédiatement de l'observation la réfraction qui a lieu à différentes hauteurs (*c*); ensuite il supposa que le rayon de lumiere traversant l'atmosphere, se détourne toujours de sa route, à chaque petit intervalle, & d'une quantité égale; il en conclut

(*a*) Histoire de l'astronomie moderne, T. I, p. 240.

(*b*) Mém. Acad. Scien. 1713, p. 54.

(*c*) *Suprà*, p. 300.

que cette route eſt tracée par un poligône circonſcrit, c'eſt-à-dire, par le cercle même, en rendant infini le nombre des côtés. Alors en ſe ſervant, comme ſon pere, de la réfraction horizontale de 33′ 20″, & de celle de 5′ 28″ à 10° de hauteur, il détermine que la hauteur de l'atmoſphere eſt de 6918 toiſes; il ſuppoſa que la route étoit une parabole au lieu d'un cercle, & il trouva encore la même hauteur. Cette conformité des réſultats n'étoit pas cependant une preuve que la route circulaire fût la vraie, c'étoit à l'obſervation de prononcer; Caſſini calcula toutes les réfractions qui réſultoient de ſon hypothèſe, il prit encore celles qui avoient été déduites par D. Caſſini de l'hypothèſe que le rayon nous vient en ligne droite, & il les compara toutes aux réfractions données par l'obſervation directe. L'obſervation prononça en faveur des réfractions de J. Caſſini, & de l'hypothèſe que la route du rayon eſt circulaire. Il fut donc bien conſtaté que la hauteur de la zône réfractive de l'air n'excède pas 7000 toiſes, & qu'au-delà dans le reſte de l'étendue de l'atmoſphere l'air eſt trop rare & trop ſubtil pour opérer une réfraction ſenſible (*a*).

§. XV.

Il eſt encore une méthode qui ſemble devoir donner la hauteur de l'atmoſphere, c'eſt celle qui employe la hauteur du mercure, ſoutenu dans le barometre par les colonnes peſantes de l'air. Paſcal s'en ſervit le premier pour meſurer l'élévation des montagnes; Mariotte & Halley (*b*), pour eſtimer celle de l'atmoſphere, en faiſant quelques ſuppoſitions ſur l'augmentation du volume dans les couches ſupérieures, en conſéquence de ce qu'elles ſont moins chargées que les inférieures. Ils trou-

(*a*) Mém. Acad. des Scien. année 1714, p. 33.

(*b*) Tranſactions philoſophiques, 1686, N°. 181.

verent que cette élévation de l'atmosphere étoit environ de 15 à 20 lieues; ainsi la méthode du barometre s'accordoit avec celle des crépuscules.

Mais les météores qui sont vus dans l'air, & qui sont apperçus de lieux très-différens & très-éloignés, ne peuvent être ainsi visibles sur une étendue considérable du globe que par leur élévation. L'une doit donc faire juger de l'autre; & si dans ces lieux différens on a observé le point du ciel où un météore a été vu, sa parallaxe peut faire connoître sa distance, & par conséquent la hauteur de la partie de l'atmosphere où il s'est montré. Halley calcula, par la parallaxe d'un météore vu en Angleterre le 30 Mars 1719, que sa hauteur étoit de 73 milles anglois, c'est-à-dire, de plus de 26 de nos lieues. M. de Mairan vint reculer encore beaucoup ces limites, en appliquant les aurores boréales à cette recherche. Les aurores boréales sont des météores, c'est-à-dire, des phénomènes produits dans l'atmosphere de la terre. Il est aisé de reconnoître qu'ils ne sont point assujettis, comme les astres, aux apparences du mouvement diurne. Les planetes, les étoiles semblent aller de l'orient au couchant, parce qu'elles sont immobiles, & que nous sommes en mouvement : les météores ne changent point de place à l'égard de l'horizon, parce qu'ils se meuvent avec le globe, avec nous; ils sont dans notre globe, puisqu'ils nous accompagnent. Or ces phénomènes de l'aurore boréale sont vus en même tems à de très-grandes distances. M. de Mairan, qui avoit l'esprit aussi exact que philosophique, & qui a fait un grand travail sur les apparitions des aurores boréales, & sur leurs causes, a trouvé, en calculant leur parallaxe, que les différentes aurores boréales étoient placées

---

(a) Transac. philos. 1719, N°. 360.

à différentes hauteurs ; il y en a telle qui donne une hauteur de 266 lieues, & en prenant un milieu entre 23 résultats, M. de Mairan montre que la région moyenne où paroissent les aurores boréales, est élevée de 175 lieues au-dessus de la surface de la terre (*a*). Le cercle des choses qui nous appartiennent fut donc étendu ; M. de Mairan ajouta 150 lieues à l'empire de notre petit globe.

Il résulte de ces recherches que notre atmosphere renferme trois régions différentes, qui chacune ont leur destination. La premiere, la plus basse, est celle de l'air grossier, qui détourne les rayons de lumiere & produit la réfraction ; elle s'éleve à peine à 7000 toises. La seconde est celle de l'air, qui pese sur le mercure & le soutient à 28 pouces ; c'est un air qui conserve encore assez de masse & de densité pour arrêter la lumiere & nous la renvoyer par la réflexion. Il allonge le jour en donnant naissance aux crépuscules ; cette région tient le milieu, & monte à quinze ou vingt lieues. Enfin la troisieme, celle qui s'étend juqu'à 175 lieues, est composée d'un air plus subtil, où la lumiere se disperse librement. Cet air n'a aucune puissance sur elle ; il ne peut ni la réfracter ni la réfléchir. M. de Mairan pense que les colonnes élevées de ce fluide, ne contribuent point à soutenir le mercure dans le barometre, parce que c'est un air si subtil qu'il pénetre à travers le verre & se met en équilibre avec lui-même (*b*). Cette troisieme zône est le théâtre des aurores boréales, de ces feux produits en jets & en coûronnes, qui ne sont pour nous qu'un phénomène curieux, mais qui deviennent un secours de lumiere pour les peuples du nord de la terre, habitans de la nuit pendant une partie de l'année.

(*a*) Traité de l'aurore boréale, p. 434. (*b*) *Ibid.* p. 42.

§. XVI.

Une des premieres obſervations du chevalier de Louville, entré à l'Académie en 1714, fut celle de l'obliquité de l'écliptique; il la fit avec ce talent de la préciſion qui fait les bons aſtronômes; & cette préciſion qu'il avoit cherchée & obtenue le rendit aſſez hardi pour en tirer un réſultat ingénieux, qui éleva une longue querelle dans l'aſtronomie. Il trouva cette obliquité de 23° 28′ 41″. Caſſini & la Hire l'avoient fixée à 23° 29′ 0″; Richer à Caïenne l'avoit obſervée de 23° 28′ 54″: l'obſervation de Louville la donnoit donc plus petite. Il avoit grande confiance dans les déterminations de la Hire & de Caſſini; les ſoins qu'il avoit employés lui répondoient de la ſienne. Ces réſultats également certains ne pouvoient différer que par la faute du ciel; il oſa conclure de cette petite différence de 19 ou de 13″, que l'obliquité de l'écliptique étoit ſujette à quelque diminution (*a*). Cette concluſion pourroit paroître un peu précipitée, mais il avoit raiſon, & elle n'étoit que hardie; elle n'étoit que la ſuite d'un tact plus fin & d'un jugement plus sûr. Cette idée de la variation de l'obliquité de l'écliptique naquit, comme on l'a vu (*b*), chez les anciens; elle y fut ou connue, ou du moins ſoupçonnée: & dans les tems écoulés depuis les Grecs qui nous l'ont tranſmiſe, elle n'a point ceſſé d'avoir des partiſans. Thebith la fit renaître chez les Arabes, Copernic la joignit à l'idée également renouvelée du ſyſtême du monde; Képler l'adopta. Cependant malgré toutes ces autorités, la concluſion du chevalier de Louville parut auſſi extraordinaire que ſi elle avoit été entiérement neuve. Il faut avouer qu'il vouloit l'appuyer ſur la préciſion

(*a*) Hiſt. Acad. des Scien, 1714.

(*b*) Hiſt. Aſtron. anc. p. 241.

moderne

moderne, qu'il la déterminoit sur deux observations peu éloignées & pour le tems & pour les quantités : si chacune de ces observations avoit été en erreur de 8 à 9", comme cela étoit possible, le résultat, la prétendue diminution de l'obliquité de l'écliptique n'auroit été que la somme de ces erreurs. Mais une idée des anciens, une idée qui avoit eu des partisans célébres dans tous les siecles, lorsqu'elle se trouvoit favorisée, du moins en apparence, par plusieurs observations modernes, méritoit quelque examen ; on s'y refusa. M. de Fontenelle disoit : *quoique la physique céleste soit fort favorable aux variations même les plus grandes des mouvemens célestes, & des angles des arcs ou des orbites, l'astronomie y est d'ailleurs si contraire, qu'on ne peut les recevoir sans de fortes preuves. Cette uniformité si constante devient un des plus difficiles problêmes de la physique* (a). C'est que dans une nature où tout est en mouvement, cette uniformité est un préjugé & une chimere ; c'est qu'il ne falloit point l'admettre. On ne doit croire à aucune variation sans preuves suffisantes, mais on ne doit placer nulle part cette uniformité que chaque instant peut démentir.

§. XVII.

Le chevalier de Louville y trouvoit l'explication du passage singulier d'Hérodote sur la tradition des Egyptiens, qui prétendoient avoir vu l'écliptique perpendiculaire à l'équateur. L'obliquité n'est aujourd'hui que de 23 degrés & demi ; mais puisqu'elle diminue, on peut supposer qu'elle a été la plus grande possible, & par conséquent de 90 degrés ; il ne faut qu'un tems suffisant à cette lente décroissance. La diminution

(a) Hist. Acad. des Scien. 1714, p. 68.

n'étoit, suivant le chevalier de Louville, que d'une minute par siecle ; & le grand nombre de minutes depuis 90 degrés jusqu'à vingt-trois degrés & demi demandoit bien des siecles pour ce changement. Deux erreurs combinées, commises par cet astronôme, lui donnerent un résultat qui rendoit son opinion encore plus probable. Il avoit lu, dans quelque édition de Diodore de Sicile, que les Chaldéens se vantoient d'avoir observé constamment le ciel pendant 403000 années ; & en conséquence d'une diminution d'une minute par siecle, l'écliptique, d'abord perpendiculaire à l'équateur, avoit dû employer 397150 ans à se rapprocher de ce cercle, jusqu'à ne plus faire avec lui qu'un angle de 23 degrés & demi existant aujourd'hui. Ce nombre d'années approchoit déjà beaucoup de celui des Chaldéens, mais il trouva le moyen d'en approcher encore de plus près ; il crut, ou il supposa que l'année des Chaldéens n'étoit que de 360 jours. Les 397150 ans sont semblables aux nôtres, & de 365 jours ; il faut donc en augmenter le nombre pour les réduire à des années de 360 jours. Ce nombre ainsi augmenté se trouve de 402942 ; il n'y a qu'un demi-siecle de différence entre ce nombre & celui des prétendues années d'observation des Chaldéens. Le chevalier de Louville n'adoptoit pas ces contes des astronômes d'Asie, il étoit loin de penser que le monde eût cette antiquité ; les écrits des hommes ne sont pas si durables, & leur souvenir ne suffiroit pas à un si grand tems. Il croyoit que les anciens, ayant observé & reconnu la variation de l'obliquité de l'écliptique, avoient calculé dans quel tems ce cercle a dû passer par les pôles de l'équateur ; & qu'à cette époque indiquée par le calcul, ils avoient supposé une observation réelle pour reculer leur antiquité, & antidater leur existence sur la terre. On sent tout ce qui résultoit de la diminution observée de l'obliquité de l'éclip-

tique, & de l'hypothèse qui la supposoit constante. L'écliptique dans 140000 ans devoit se confondre avec l'équateur; pendant quelques milliers d'années les jours auroient été égaux, la température la même sur le globe, le printems perpétuel des poëtes auroit établi son séjour dans nos zônes tempérées. Cette égalité des saisons de l'âge d'or auroit du moins existé dans l'avenir, si elle n'a pas eu lieu dans le passé. Mais la correspondance des années chaldéennes avec le tems nécessaire à la diminution, étoit une erreur. Les leçons authentiques de Diodore de Sicile portent 473000, & non 403000 (*a*); D'ailleurs l'année de ces peuples étoit certainement de 365 jours, & peut-être de 365 jours un quart comme la nôtre (*b*). Le calcul du chevalier de Louville ne rend donc plus raison de l'antiquité des Chaldéens que nous avons expliquée dans l'histoire de l'astronomie ancienne (*c*) : rien ne lui assuroit la constance de cette diminution ; constance opposée au sentiment des Arabes, de Copernic & de Kepler, qui faisoient la variation de l'obliquité alternative en plus ou en moins, & oscillatoire. Mais il faut le louer d'avoir apperçu la variation, même dans les observations modernes, & d'avoir eu le courage d'y croire, malgré la réclamation qui s'éleva contre lui ; réclamation qui a subsisté presque jusqu'à nos jours, mais qui est enfin tombée, parce qu'à la longue il faut céder à la vérité.

§. XVIII.

LA HIRE fut le premier qui s'éleva contre l'opinion du chevalier de Louville; il observe que si l'obliquité de l'écliptique,

---

(*a*) Histoire de l'Astronomie ancienne, p. 144.

(*b*) *Ibid.* p. 382.

(*c*) *Ibid.* p. 373.

déterminée par Ptolémée, eſt plus grande que la nôtre de plus de 20 minutes, c'eſt que les obſervations de cet ancien aſtronôme ſont aſſujetties à cette erreur (a). Il ne manquoit pas d'exemples plauſibles, car l'antiquité qui ne peut ſe défendre, eſt aiſée à calomnier; il citoit en preuve une obſervation de l'obliquité de l'écliptique, rapportée par Pappus dans le quatrieme ſiecle. Cette obliquité étoit de 23 degrés & demi; elle n'avoit donc pas changé depuis treize ſiecles. Mais la Hire oublioit que les tems anciens ont beaucoup de témoignages contraires à oppoſer à un témoignage unique. Enfin la Hire, pour détruire la confiance aux obſervations antiques, rappelle que Ptolémée établit comme un principe certain que les latitudes des étoiles ſont immobiles; aujourd'hui les latitudes par nous obſervées different des ſiennes quelquefois de 20 à 30 minutes. Si ſon principe eſt vrai, ſes obſervations ſont défectueuſes; elles ſont affectées d'une erreur égale à celle que la Hire y ſoupçonnoit (b). C'eſt ainſi que des hommes habiles ont parlé, & n'ont pas été entendus; c'eſt ainſi que le paſſé ne ſert pas toujours au préſent! Tycho, cent ans auparavant, avoit dit que les latitudes des étoiles n'étoient plus les mêmes; il n'attribua point entiérement cet effet aux erreurs de Ptolémée. Copernic avoit admis la diminution de l'obliquité de l'écliptique; il en devoit réſulter un changement dans la latitude des étoiles, un changement inégal, ſuivant la poſition de ces étoiles à l'égard de l'écliptique. Tycho trouva que la plupart des variations de la latitude des étoiles étoient telles qu'elles devoient être, en conſéquence de la diminution de l'obliquité de l'écliptique. Les erreurs de l'obſervation tiennent toujours à une ſorte de haſard; elles auroient été inégales,

(a) Suprà, Tom. I, p. 455.

(b) Mém. Acad. Scien. 1716, p. 295.

elles n'auroient point eu cette correspondance. Tycho, par une logique meilleure que celle de la Hire, en conclut que si les latitudes des étoiles paroissent avoir changé, c'est que l'écliptique s'est éloignée d'elle(*a*). On juge bien que le chevalier de Louville se défendit (*b*); mais quelques années après, M. Godin reprit la question du changement de l'obliquité de l'écliptique, & fit voir qu'on pouvoit s'assurer de ce changement par les observations modernes seules, sans qu'il fût besoin de recourir aux anciennes dont les erreurs peuvent être en effet très-grandes. Il montre qu'en consultant l'observation de D. Cassini, faite en 1655 à la méridienne de Sainte-Petrone de Bologne, on a l'obliquité pour ce tems de 23° 29′ 15″. Les observations les plus exactes faites en 1730, ne donnoient que 23° 28′ 20″. La hauteur du gnomon de cette méridienne, la perfection des instrumens employés dans notre siecle ne permettent pas de supposer dans les deux observations des erreurs qui puissent produire une différence de 55″. Il en résulte donc nécessairement que dans l'intervalle de 75 ans l'écliptique a baissé sensiblement. M. Godin remarque, comme Tycho, que le changement de la latitude des étoiles est conforme à ce qui doit résulter de cet abaissement; il ajouta même une considération délicate & intéressante, c'est celle du mouvement des nœuds des planetes. Il les suppose fixes, & il fait voir que leur mouvement apparent peut très-bien s'expliquer par la rétrogradation des points équinoxiaux, combinée avec cet abaissement de l'écliptique. M. Godin établit donc que l'obliquité de l'écliptique diminue; le mouvement appartient à l'écliptique, c'est l'écliptique qui s'abaisse vers l'équateur (*c*). Il a donc très-bien vu le phénomène; s'il s'est trompé en croyant que

(*a*) *Suprà*, Tom. I, p. 407.

(*b*) Mém. Acad. Scien. 1716, p. 531

(*c*) Mém. Acad. des Scien. année 1734, p. 491.

le mouvement de l'écliptique se fait sur les deux points des équinoxes, c'est que la cause étoit difficile à pénétrer & réservée à d'autres tems. Il se trompa encore, en supposant immobiles les nœuds des planetes. Newton s'y étoit trompé comme lui, & cela ne signifie pas autre chose, sinon que les observations n'apprenoient encore rien de bien sûr à cet égard. Les astronômes suivent le tems, & ne voyent qu'avec les lumieres qu'il apporte.

§. XIX.

Plusieurs éclipses observées au commencement du dix-huitieme siecle, donnerent lieu à des remarques curieuses. Dans l'éclipse de lune du 29 Juin 1703, le P. Laval apperçut que l'ombre étoit plus ou moins dense, plus ou moins épaisse dans les différentes parties de la lune; son disque toujours visible, quoiqu'entiérement éclipsé, parut coloré d'une teinte un peu rougeâtre (*a*). La lune n'est ainsi visible que parce qu'elle n'est pas alors dans l'ombre pure & vraie, elle est éclairée par les rayons du soleil réfractés & pliés dans l'atmosphere de la terre (*b*); c'est cette réfraction qui produit la couleur rouge (*c*). La différence d'épaisseur de l'ombre vient sans doute des parties de l'atmosphère traversées par les rayons réfractés. Si ces parties, par exemple, sont celles de la zône torride, où la réfraction est plus petite, il y aura moins de rayons réfractés, & l'ombre jetée sur la surface de la lune sera plus forte. Si ce sont des parties plus élevées sur le globe & plus septentrionales, où

(*a*) Mém. Acad. des Scien. 1701, p. 85.

(*b*) On remarqua à Bristol, dans l'éclipse de lune du 21 Octobre 1725, que la lune étoit éclairée vers ses bords, ce qui n'est pas extraordinaire; mais ce qui l'est davantage, ce qui est presque incroyable, c'est que cette lumiere s'étendoit hors des bords de la lune, à une distance qu'on auroit pu mesurer, si l'auteur, M. John Burroughs, avoit eu des instrumens (*Transf. phil.* 1726, n°. 392.

(*c*) *Suprà*, p. 20.

la réfraction est plus grande, l'atmosphère laissera passer plus de lumiere, & l'ombre envoyée sera plus foible (*a*).

Dans l'éclipse de lune du 22 Décembre 1703, la lune, après l'immersion totale, parut à Arles d'un rouge obscur & brun, & au contraire d'un rouge fort clair à Avignon, & si clair qu'on l'eût cru transparente & éclairée du soleil par derriere. A Montpellier (*b*) on la vit si sombre & si obscure qu'on avoit beaucoup de peine à y distinguer les taches, qui ordinairement sont faciles à reconnoître, quoique la lune soit plongée dans l'ombre. Mais ce qui fut plus extraordinaire, c'est que la lune disparut entiérement, plus d'une heure avant son coucher (*b*). Ces apparences, différentes d'une même éclipse, sont produites par l'atmosphère inégalement pure ou chargée de vapeurs. La lumiere foible jetée sur la lune s'affoiblit encore en revenant à nous par un air plus chargé de ces vapeurs; & leur abondance peut être telle que la foible lumiere soit tout-à-fait interceptée, & que la lune disparoisse (*c*).

§. XX.

Les éclipses totales de soleil offrirent des phénomènes encore plus curieux; la France en vit trois en vingt ans; Paris, dans deux siecles, le dix-huitieme & le dix-neuvieme, n'en aura vu qu'une en 1724 (*d*).

La premiere éclipse fut celle du 12 Mai 1706; elle eut des témoins illustres, le Roi Louis XIV, & M. le Duc de

(*a*) C'est en conséquence de l'ombre, projetée par l'atmosphère de la terre, que la Hire prescrivoit d'ajouter une minute au diametre du cône d'ombre; cette minute répondoit à 25 lieues de hauteur de l'atmosphere. (*Mém. Acad. Scien.* 1703, p. 83).

(*b*) Ce furent MM. Bon, de Plantade & de Clapiers qui firent cette obsevation.

(*c*) Hist. Acad. des Scien. année 1704, p. 58.

(*d*) Halley a calculé que depuis l'année 1140 jusqu'à l'année 1715 on n'avoit point vu d'éclipse totale à Londres (*Trans. phil.* 1715, n°. 343).

autres oiseaux, chassés par la même cause, s'étoient retirés dans leur asile de nuit. En général ils avoient de la peine à voler & voloient bas. A Zurich il tomba de la rosée. Dans toutes les villes où l'éclipse fut totale, on vit autour de la lune comme un anneau d'or, une couronne d'une lumiere pâle, égale en étendue à un doigt du disque solaire. A Montpellier on observa que cette couronne étoit environnée d'une autre plus grande; sa lumiere, toujours de plus en plus foible, s'étendoit à huit degrés, & finissoit par se confondre avec l'obscurité du ciel *(a)*.

Cette apparence singuliere fut la confirmation du soupçon & de la prédiction de D. Cassini. Quand il eut apperçu la lumiere zodiacale, il la regarda comme l'atmosphère du soleil; il annonça qu'elle devoit lui former une couronne dans ses éclipses totales. L'anneau ici observé étoit donc l'atmosphere du soleil; si elle n'a plus la forme de *fuseau*, qui caractérise la lumiere zodiacale, c'est que l'obscurité n'est pas assez profonde; un reste de lumiere vague empêche de distinguer la partie la plus ténue de cette atmosphere, & ne permet de voir que la partie la plus dense, la partie qui est voisine des bords du soleil & qui lui forme cette couronne. La lumiere zodiacale ne paroît entiere & distincte qu'au degré d'obscurité où les petites étoiles se montrent; & malgré l'espece de nuit des éclipses totales, ces étoiles restent effacées : on n'apperçoit que celles de la premiere grandeur, & les planetes.

§. XXI.

La seconde éclipse fut celle du 3 Mai 1715; elle ne fut à Paris que d'onze doigts un quart, la seizieme partie du

(a) Mém. Acad. des Scien. année 1706, p. 249 & 467.

ſoleil reſta découverte. C'eſt aſſez pour produire le jour, mais le jour du ſoir & celui du moment où le ſoleil eſt en partie couché ; auſſi apperçut-on Vénus & Mercure : les oiſeaux chercherent leur retraite, & les chauves-ſouris parurent (*a*). Mais à Londres, on eut le ſpectacle entier ; Londres avoit des obſervateurs qui en étoient dignes, Flamſteed & Halley ; le chevalier de Louville paſſa la mer pour ſe joindre à eux: l'éclipſe fut totale pendant 3′ 23″ (*b*); elle offrit deux phénomènes remarquables.

Le premier fut le plus ſingulier & le plus inattendu. Le chevalier de Louville & Halley virent ſur la ſurface entiérement obſcure de la lune des jets d'une lumiere inſtantanée & paſſagere, qui reſſembloient à des fulminations, & encore à ces traînées de poudre où on met le feu pour faire jouer les mines (*c*). Ce ſpectacle imprévu cauſoit une ſorte de frayeur aux ſpectateurs. Le chevalier de Louville attribua ces apparences à de véritables fulminations, à des orages accompagnés d'éclairs, qui ont eu lieu ſur la lune pendant l'éclipſe. Mais il ſemble bien peu vraiſemblable que la lueur de ces éclairs fut apperçue de ſi loin ; & comment y auroit-il des orages ſur une terre où on n'apperçoit ni eaux, ni vapeurs, dont jamais aucun nuage interpoſé ne cache les détails ? La Hire expliquoit aſſez bien ces prétendus éclairs. La lune a des cavités telles qu'on n'en connoît point ſur la terre; ces cavités ſeches peuvent faire l'effet du miroir concave & réfléchir la lumiere du ſoleil toute vers un point : alors pour peu qu'elles

(*a*) Mém. Acad. des Scien. année 1715, p. 70 & 83.

(*b*) Elle fut de 4′ 9″ à Upſal ; c'eſt à-peu-près la plus longue durée qu'elle puiſſe avoir. (*Tranſ. phil.* 1715, n°. 345.

(*c*) Mém, Acad. Scien, 1715, p. 89. Tranſactions philoſophiq, année 1715, n°. 343.

Ces éclairs ont été vus à Wirtemberg par Weidler dans l'éclipſe partiale de ſoleil du 4 Août 1738. L'éclipſe étoit de neuf doigts. (*Tranſ. phil.* 1739, n°. 454).

changent de place par la rotation de la lune, le foyer fera beaucoup de chemin, & laissera sur sa trace un trait de lumiere éclatant qui disparoîtra subitement. Un effet rapide peut naître de la rotation assez lente de la lune, il est doublé par la réflexion : & d'ailleurs les écarts sont augmentés par la distance. Cette explication ne doit être admise que pour les éclairs qui auront paru vers le bord de la lune, & ce sont aussi ceux qui ont été le plus sûrement observés (*a*).

Le second phénomène fut celui de l'atmosphere du soleil. On vit à Londres un cercle lumineux de couleur d'argent, qui parut autour de la lune, aussi-tôt que le soleil fut entiérement caché, & qui disparut à l'instant du recouvrement de la lumiere. Halley jugea d'abord que c'étoit l'atmosphère de la lune. Cependant, en considérant que cet anneau avoit une étendue d'environ un doigt, c'est-à-dire, de la douzieme partie du diametre lunaire, Halley vit que cette atmosphère auroit plus de soixante-cinq lieues de hauteur; ce qui est absolument sans vraisemblance. Car il faut bien remarquer que cette atmosphère qui nous renverroit un trait de la lumiere du soleil, couvert par le globe solide de la lune, ne pourroit le faire que par réfraction : ce ne seroit donc que la partie réfractive de cette atmosphère qui auroit soixante-cinq lieues de hauteur; tandis que sur notre globe quarante fois plus gros, sur notre globe qui domine la lune, notre atmosphère réfractive n'a que sept mille toises. Halley vit de plus que vers le moment de l'émersion la couronne parut plus large au bord occidental de la lune où le soleil alloit se montrer; Halley suspendit son jugement (*b*) : cette derniere circonstance prouve bien que c'étoit l'atmosphère du soleil.

(*a*) Hist. Acad. des Scien. 1715, p. 54.

(*b*) Transf. philos. 1715, n°. 343.

§. XXII.

L'ÉCLIPSE totale de 1724 fut obſervée à Paris avec les mêmes apparences ; on remarqua ſurtout la couronne lumineuſe qui entoure le ſoleil (a). Cependant, ſoit par le penchant naturel des hommes à rejeter les idées des autres pour en chercher de nouvelles, ſoit peut-être qu'on trouvât la réputation de D. Caſſini trop grande & trop étendue, aucun aſtronôme de l'académie, excepté J. Caſſini ſon fils, ne rapporta les apparences de ces éclipſes à la lumiere zodiacale & à l'atmoſphère du ſoleil, quoique ces apparences ne fuſſent viſiblement que celles de cette atmoſphère. Le chevalier de Louville ſoutint que c'étoit l'atmoſphère de la lune ; il y revint pluſieurs fois avec affectation. La Hire, & après lui M. Deliſle voulurent expliquer le cercle lumineux par un certain éparpillement de la lumiere réfléchie ; ils firent en conſéquence des expériences aſſez curieuſes. La Hire ſuſpendit une pierre ronde de couleur griſe & non polie de deux pouces de diametre ; elle étoit placée devant un corps lumineux, & de maniere que le corps étoit entiérement caché, la Hire alors apperçut que les bords de la pierre paroiſſoient fort clairs ; il attribua à la réflexion des inégalités de la pierre ce qui ſemble appartenir à l'inflexion des rayons de la lumiere, & il penſa que cette apparence expliquoit la couronne lumineuſe apperçue pendant l'éclipſe (c). M. Deliſle introduiſit un rayon ſolaire dans une chambre obſcure par une très-petite ouverture ; il reçut ce rayon ſur un cercle de plomb plus grand que l'image ſolaire, enſuite il reçut l'image du tout ſur un carton blanc. Le cercle de plomb formoit un rond obſcur, environné d'une zône

(a) Mém. Acad. Scien. ann. 1724, p. 176 & 180.

(b) *Ibid* 1715, p. 89.

(c) *Ibid.*, p. 161.

claire. Cette expérience paroît offrir les principales circonstances de l'éclipse; & d'autant mieux que Wurstzelbaur, dans l'éclipse du 12 Mai 1706, a vu sur un carton le cercle lumineux autour du soleil. M. Delisle conclut que ce cercle lumineux ne prouve pas une atmosphère, puisque la zône claire de son expérience a été produite sans qu'il y eût d'atmosphère autour du cercle de plomb (*a*).

Ces expériences ingénieuses n'ont point détruit la conjecture plus ingénieuse encore de Dominique Cassini. Le soleil a gardé l'atmosphère que ce grand homme lui a donné; c'est aujourd'hui l'opinion générale. Les causes les plus naturelles, & sans doute les plus vraies, sont celles qui expliquent, qui enchaînent plus de faits; elles sont conformes à l'esprit économique de la nature. On apperçoit la lumiere zodiacale s'étendre en cône le long de l'écliptique, on la voit diminuer de densité & d'éclat, en s'éloignant du soleil; on en doit conclure que dans le voisinage de cet astre, autour des bords de son disque, elle doit être plus serrée & plus lumineuse. L'esprit est donc conduit à imaginer une zône lumineuse autour du disque, zône rendue invisible par la multitude des rayons solaires. On conçoit que si ce disque étoit couvert, cette zône seroit libre de paroître, & se montreroit en forme de couronne: & lorsque dans une éclipse totale, le globe du soleil entiérement caché est entouré d'un anneau de lumiere, l'œil y trouve ce qu'il y cherchoit, l'astronôme y découvre ce qu'il avoit prévu; & l'hypothèse confirmée, qui a nécessité cette conclusion, devient une vérité du systême du monde.

§. XXIII.

Ces travaux multipliés, tant d'observations avoient pour

(*a*) Mém. Acad. Scien. 1715, p. 166 & suiv. Hist. p. 52.

objet de connoître les phénomènes, & de se mettre en état de les représenter. Le présent n'est déjà plus à nous quand il arrive, nous ne l'étudions que pour l'avenir où nous vivons davantage par l'espérance. Les Cassini, la Hire, Flamsteed, Halley, amassoient des matériaux pour ce grand ouvrage de la construction des Tables, qui devoient imiter les mouvemens célestes, & qui avoient besoin d'approcher de la vérité pour n'être pas démenties par le tems. Les Tables de la Hire parurent les premieres, & en 1702 (a). Mais soit qu'il ne jugeât pas la théorie des planetes assez avancée, soit qu'il ne voulût admettre que les faits purs & simples qui sont toujours vrais, il n'employa aucune supposition, pas même les plus légitimes. Kepler & Newton n'étoient que des hommes, la Hire, comme astronôme, ne voulut croire qu'au ciel, & ne se fier qu'aux observations (b). La forme des orbites, leur position dans le ciel, la vîtesse & les inégalités des planetes, tout fut tiré de cette mine féconde. L'homme placé au milieu de l'empire de la nature, la suit & l'observe d'un œil infatigable; son regard pénetre partout; elle n'a pas plus d'asile dans les espaces célestes que dans les profondeurs de la terre. La Hire a vaincu les plus grandes difficultés! Une observation est le résultat de toutes les inégalités, le travail de les démêler est immense; il faut une profonde connoissance des phénomènes & une sagacité rare: c'est cependant ce travail qui doit précéder celui des géometres. C'est donc à juste titre que l'astronôme doit passer pour leur guide, puisqu'il leur a montré l'enchaînement des phénomènes. L'astronôme peut dire, je vous ai menés par la main dans l'édifice du monde, je vous en ai indiqué les détours, la structure, & vous en avez calculé les proportions.

(a) Les Tables de Cassini ont été dressées par J. Cassini, & n'ont paru qu'en 1740. Celles de Halley, établies sur ses observations & sur celles de Flamsteed, furent imprimées en 1719, & n'ont paru qu'en 1759.

(b) Mém. Ac. Sc. 1700, p. 295. Hist. 1702, pag. 75.

Mais la Hire eut trop de confiance dans ses propres forces & dans l'obſervation, il eut tort de ſe défier de la théorie. Les loix de Kepler, les vérités de Newton étoient des réſultats de l'obſervarion; ce ſont encore des vérités. La Hire, en s'en tenant uniquement à ce qu'il voyoit des apparences des choſes, ne les pénétra point ; il n'a fait dans ſes Tables aucun pas vers une exactitude nouvelle; il n'employa pour la lune que les quatre équations connues avant lui. Toutes ſes déterminations n'eurent en naiſſant que l'avantage d'être venues plus tard que les autres, & de donner des moyens mouvemens & des inégalirés, connus & vérifiés par un plus long tems. L'obſervation eſt ſans doute le guide le plus sûr, mais c'eſt lorſqu'elle eſt éclairée elle-même par la raiſon; ſans cette précaution, nous avons dit que les erreurs de l'obſervation peuvent être priſes pour des exceptions aux loix générales ; en voici un exemple ſenſible. C'eſt une vérité de fait que la ligne des nœuds des planetes doit paſſer par le ſoleil; cet aſtre les voit chacune s'élever au-deſſus du plan de notre écliptique, autant qu'elles s'abaiſſent au-deſſous. La Hire admit le fait pour toutes les planetes, excepté pour Saturne. M. de la Caille l'a remarqué; une pareille bizarrerie ne peut lui avoir été ſuggérée que par quelque erreur de l'obſervation, il s'eſt égaré pour lui avoir été trop fidele. La raiſon devoit cependant lui dire qu'il faut qu'une exception ait été conſtatée bien des fois pour infirmer une loi générale. Kepler avoit mieux vu ; il établit d'abord que le ſoleil étoit le centre de tout, cet aſtre eſt dans le plan de tous les orbes, la ligne des nœuds, celle des abſides, tout paſſe par ſon centre, tout tourne autour de lui, comme les corps céleſtes. La Hire eſt un des excellens obſervateurs que la France ait eus ; nous

(a) Tables de la Hire, 1702, p. 45.

(b) Hiſt. de l'Acad. Scien. 1741, p. 120.

ſommes loin de lui refuſer cette juſtice, mais nous devons à l'hiſtoire des ſciences de faire remarquer, quant aux réſultats, la différence de l'eſprit d'obſervation à l'eſprit philoſophique.

§. XXIV.

Un ouvrage qui parut en même tems que les Tables de la Hire, & qui commença à répandre les idées de Newton, en les mettant à la portée de plus d'eſprits, fut l'aſtronomie phyſique de Gregori; l'auteur y a raſſemblé toutes les connoiſſances acquiſes alors en Europe depuis un ſiecle, avec les découvertes géométriques relatives à la phyſique du ciel, & faites en Angleterre par Newton. Cette ſublime théorie n'avoit en général rien changé aux mouvemens connus & aux inégalités des planetes, il ſuffiſoit bien qu'elle expliquât ces inégalités; la lune ſeule, qui avoit été rebelle aux aſtronômes, demandoit le joug de la géométrie. Mais cette partie du ſyſtême du monde étoit la moins avancée & la moins perfectionnée par les recherches de Newton. Cependant il avoit découvert la marche de pluſieurs de ſes inégalités, il en avoit indiqué de nouvelles, on devoit s'en ſervir pour rendre les Tables meilleures; c'eſt ce que Gregori fit le premier: ſon ouvrage contient les principes de la conſtruction des Tables de la lune, d'après la théorie de la gravitation (*a*). Whiſton, Anglois, Horrox, Danois, enfin Flamſteed & Halley multiplierent ces applications: mais le premier François qui s'en occupa fut M. Deliſle en 1715, ſuivant le témoignage de M. de la Lande (*b*). Le chevalier de Louville fit un pas de plus. Il y avoit deux manieres d'admettre les nouvelles

(*a*) Aſtr. phyſ. Tom. II, p. 490.

(*b*) M. de la Lande, *Aſtr.* art. 1457 & ſuiv. M. de la Lande nomme encore parmi les premiers qui dreſſerent des Tables de la lune ſur les principes de Newton: le P. Grammatici, Jéſuite, en 1716: Robert Wright auſſi en 1726; Ange Capelli, Italien en 1733.

inégalités

inégalités proposées par Newton dans la théorie de la lune, soit en les regardant comme des équations nécessaires, demandées par le calcul pour se rapprocher de l'observation, soit en admettant la cause même qui les a produites. Le chevalier de Louville alla jusques-là, & nous croyons qu'il fut le premier en France. Il est sage de douter de tout ce qui peut ressembler à un systême; mais lorsque le tems amene la confirmation de ce systême, il est sage d'en faire usage pour rectifier les idées anciennes. Le chevalier de Louville, dans ses Tables du soleil établies en 1720, prit un parti contraire à celui de la Hire: il crut que les hypothèses de Kepler devoient servir de base à ces Tables; & il considere le mouvement elliptique des corps célestes comme produit par deux forces, l'une uniforme & de projection, l'autre centrale, dirigée au soleil, & semblable à la pesanteur. Louville pensoit & parloit alors comme Newton.

Louville crut appercevoir quelque diminution dans l'inégalité, dans l'équation du soleil; ce soupçon étoit ancien dans l'astronomie (*a*), mais il étoit nouveau dans l'astronomie moderne. Il se refusa au mouvement propre de l'apogée du soleil, & ici l'esprit d'analogie lui manqua (*b*). Cependant, comme l'a remarqué dès-lors M. de Fontenelle, le mouvement de l'apogée de la lune est indubitable, celui de l'aphélie de Mercure est très-sensible; & ces points ne sont pas mobiles dans les orbites de ces deux planetes, sans que l'analogie nous porte à croire qu'ils le sont également dans les autres orbes, quoique moins sensiblement. M. de Fontenelle avoit particuliérement cet esprit d'analogie & de prévision: en rendant compte de la diminution soupçonnée dans l'équation du centre du soleil, l'illustre secrétaire de l'académie étend ce soupçon; il voit les excentricités

(*a*) *Suprà*, Tom. I, p. 237 & 356.

(*b*) Mém. Acad. Scien. 1720, p. 35.

diminuer, les orbes abandonner peu-à-peu leur forme elliptique pour en prendre une circulaire, puis la quitter bientôt & s'allonger sur un diametre, après s'être accourcis sur l'autre. C'est ainsi que M. de Fontenelle savoit mettre du sien dans le récit des idées d'autrui, mais sans les altérer; au reste cette vue est bien éloignée, & nous n'avons pu encore vérifier si même l'excentricité diminue réellement.

§. XXV.

Les efforts qu'on avoit faits pour perfectionner la théorie de la lune, les tables qu'on avoit dressées sur les principes de Newton, ne remplissoient point complettement leur objet; on n'y trouvoit pas une connoissance exacte des mouvemens de cette planete; son lieu calculé différoit encore de plusieurs minutes de son lieu observé. Ces Tables étoient loin du degré d'exactitude nécessaire pour la navigation. Les voyages de mer ne peuvent s'entreprendre sans une méthode pour trouver à chaque instant le lieu du vaisseau, & pour diriger sa marche dans ces grandes plaines de l'Océan, où les routes ne sont point tracées. Ce sont les astres qui servent de regle; on observe leur position, on marque l'instant, & en calculant l'instant où ils auroient la même position pour un lieu connu, la comparaison des deux instans donne la différence des méridiens & le lieu du vaisseau (*a*). Pierre Appian, Gemma Frisius, Morin, proposerent d'employer les mouvemens de la lune (*b*); Galilée, D. Cassini les satellites de Jupiter (*c*). Halley, dans son voyage à l'île de Sainte-Helêne en 1677, reconnut que la méthode la plus exacte étoit celle des mouvemens de la lune. L'observation

(*a*) Histoire de l'astron. moderne, *suprà*, p. 134.

(*b*) *Suprà*, p. 175.

(*c*) *Suprà*, p. 136 & 328.

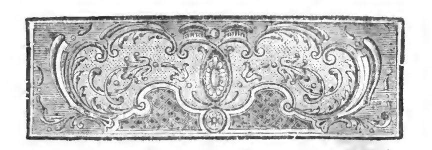
des satellites de Jupiter est trop difficile ; la lune réunit tout : elle est après eux celui de tous les astres qui a le mouvement le plus rapide. Comme ce sont ces changemens qui doivent servir de signaux, plus ils sont prompts, plus ils sont faciles à saisir. Mais cette observation facile ne suffit pas ; il faut que les mouvemens de la lune soient assez bien connus pour qu'on puisse en tout tems calculer l'instant, où la lune aura la même position sous un méridien également connu. Il s'en falloit bien en 1677 que la théorie de la lune fût assez avancée. Halley, pour suppléer à ce défaut, eut l'idée ingénieuse d'employer l'ancienne période des Chaldéens, nommée *Saros*. Cette période de 18 ans & 10 jours, ramene à très peu près la lune dans le même point de son orbite, & dans le même aspect à l'égard du soleil & de la terre. Il ne s'agissoit que d'observer la lune constamment & tous les jours, autant que cela est possible, de marquer chaque jour l'erreur des Tables; & après une période révolue, on auroit la connoissance successive des erreurs de ces tables, qui recommenceroient dans le même ordre & avec la période. Dès que Halley fut revenu en Angleterre, il entreprit ce travail qu'il fut forcé d'interrompre en 1684; il exposa son idée en 1710 dans une nouvelle édition des Tables Carolines de Street. Mais comme il manquoit d'observations, & que Flamsteed, qui observoit depuis quarante années, ne communiquoit pas les siennes, il le força de les publier en 1712 pour l'utilité publique; & lorsqu'en 1720, après la mort de Flamsteed, Halley lui succéda dans l'emploi d'astronôme royal, il continua lui-même les observations de la lune. Alors il vit avec satisfaction que les erreurs des tables étoient les mêmes en 1690, 1708, & 1726(a); & il crut que ce moyen de les corriger

(a) Tables Carolines, édit. 1710. Transf. philos. 1731, n°. 421.

étoit sûr & permanent (*a*). Toutes les nations de l'Europe reconnoissoient l'utilité de l'astronomie pour la navigation ; on proposa des prix pour encourager les recherches. Nous avons déjà parlé de ceux qui furent promis par la Hollande & par l'Espagne (*b*). M. le Duc d'Orléans, Régent de France en 1722, promit 100000 liv., mais huit ans auparavant le Parlement d'Angleterre avoit assigné par un acte authentique une somme de 20000 liv. sterling, c'est-à-dire, de 460000 l. argent de France, pour celui qui donneroit la méthode de trouver la longitude en mer. Comme l'exactitude rigoureuse nous est toujours refusée, on demandoit cette longitude à un demi-degré près. Ce demi-degré répond à deux minutes de tems, & en deux minutes de tems, la lune parcourt à-peu-près une minute dans son orbite. Il falloit donc que les Tables de la lune n'eussent au plus que l'incertitude d'une minute. Halley espéroit y parvenir par le moyen de sa période chaldaïque ; les tables, même celles qui avoient été perfectionnées suivant les vues de Newton, étoient bien éloignées de cette exactitude. Peut-être que cette imperfection, le peu de succès du systême de l'attraction dans cette partie, faisoit mal juger du principe qui lui sert de base. Il n'étoit encore bien reconnu qu'en Angleterre ; on voyoit qu'il n'avoit pas suffisamment perfectionné la théorie de la planete, qui avoit le plus besoin de l'être ; on pouvoit hésiter sur le principe, & douter de la vérité.

(*a*) *V.* M. le Gentil, Mém. Ac. Sc. 1756, p. 55. (*b*) *Suprà*, p. 136.





HISTOIRE

DE

L'ASTRONOMIE MODERNE.

LIVRE QUATORZIEME.

Recherches relatives aux cometes & aux étoiles, & Progrès de l'Astronomie depuis 1687 jusqu'en 1730.

§. PREMIER.

Ce n'étoit pas seulement la lune, qui sembloit se refuser à la loi de la gravitation, le systême de Newton avoit paru recevoir un échec plus considérable. La grande opération de la méridienne de l'observatoire, suivie depuis Amiens jusqu'à Perpignan, fut achevée par D. Cassini en 1701; environ sept degrés de la terre avoient été mesurés. D. Cassini remarqua que ces degrés diminuoient en allant du midi vers le nord. On peut tirer de cette diminution un indice de la figure du globe; si cette figure étoit un plan, c'est-à-dire, si la terre étoit plate, on parcourroit sa surface sans changer de latitude, parce que le globe, à cause de sa petitesse, répondroit toujours au même point du ciel;

c'eſt la courbure de la terre qui fait que différens lieux répondent à différens points. Les degrés que nous meſurons dépendent donc de cette courbure, ils feroient égaux ſi elle étoit toujours égale & circulaire; la dimenſion des degrés démontre qu'elle n'eſt pas partout la même, les degrés doivent être plus grands où la courbure eſt moindre. Or une boule perd un peu de ſa courbure lorſqu'on l'aplatit, & c'eſt dans le lieu même où elle ſouffre cet aplatiſſement ; les degrés, qui ſembloient augmenter du pôle vers l'équateur, nous conduiſoient donc à l'équateur même pour trouver l'aplatiſſement de la terre. Ce réſultat des meſures françoiſes étoit préciſément contraire au réſultat des principes du philoſophe Anglois.

D. Caſſini montra que les degrés meſurés diminuoient d'un 800e environ ; les degrés de l'orbite de la lune, comptés depuis l'apogée & placés comme les degrés de la France, entre le 40 & le 48e degré, paroiſſoient aſſujettis à la même diminution, il crut en conſéquence qu'il y avoit une certaine identité entre la figure de l'orbe du ſatellite de la terre & la figure de ſes propres méridiens. D. Caſſini ſe trompa : M. de Fontenelle, qui le ſuivit, ſe trompa auſſi, en eſpérant que cette reſſemblance de forme, qui s'eſt trouvée fauſſe, produiroit un jour de nouvelles connoiſſances ; & que le myſtere du flux & du reflux pouvoit tenir en partie à quelque choſe de ſemblable (*a*). Nous ne faiſons point cette remarque pour inculper M. de Fontenelle, heureux par pluſieurs prédictions vérifiées. s'il n'avoit pas le génie qui fait les découvertes, il avoit ſouvent l'inſtinct philoſophique qui les prévoit. Nous voulons ſeulement tirer une concluſion importante : c'eſt que les apperçus d'un eſprit qui étend ſa vue au loin dans l'avenir, ne ſont que des

(*a*) Hiſt. Acad. des Scien. 1701, p. 96.

possibilités ; cet avenir peut les detruire aussi-bien que les confirmer ; & comme on ne peut blâmer l'auteur de ces vues quand elles ne sont pas vérifiées, elles ne doivent rien ôter à la gloire de celui qui les réalise par une découverte.

§. I I.

En effet ce rapport de figure entre l'orbe de la lune & les méridiens de la terre, fut détruit en 1713. Louis XIV ayant ordonné de continuer la méridienne jusqu'à Dunkerque, Jacques Cassini, chargé de ce travail, l'acheva cette année : il trouva que la terre étoit plus aplatie que l'ellipse de son satellite ; mais cet aplatissement fut conforme à celui qui résultoit des premieres mesures. Le degré moyen entre Paris & Dunkerque fut trouvé de 56970 toises, moindre de 90 toises que celui de Picard, & de 137 toises que le degré moyen établi sur les mesures méridionales (*a*). La terre resta aplatie, mais vers l'équateur, au lieu de l'être par ses pôles, comme Newton l'avoit annoncé. Le résultat de ces opérations paroissoit d'autant plus sûr qu'il étoit appuyé sur huit degrés mesurés de la terre.

Ce qu'il y a de singulier, c'est que Burnet, Anglois, considérant la force centrifuge à l'équateur, & son effet pour élever les eaux, au lieu d'en conclure, comme Newton, un renflement dans cette partie du globe, imagina que l'air s'opposoit à l'élévation des eaux ; & qu'elles étoient obligées de refluer vers les pôles, où elles donnoient au globe une figure alongée, comme si l'air des pôles ne se fût pas également opposé à ce reflux. Einsenschmid, Allemand, fit antérieurement aux mesures françoises, une remarque meilleure, & qui sembloit en

(*a*) Mém. Acad. des Scien. 1718, p. 245.

autoriſer le réſultat ; il montra que le degré de Snellius, meſuré vers 52° de latitude étoit plus petit que le degré de Picard établi pour 49°. Celui de Riccioli pour Bologne & pour 44°, étoit encore plus grand, & enfin celui d'Eratoſthènes, qui répondoit au milieu de l'Egypte & à 25°, étoit le plus grand de tous. Les degrés augmentoient donc d'étendue en approchant de l'équateur ; Einſenſchmid en avoit conclu que la figure de la terre étoit celle d'un ſphéroïde allongé par les pôles. La concluſion des meſures françoiſes étoit extraordinaire, mais elle n'étoit pas entiérement nouvelle ; les meſures anciennes du degré paroiſſoient y conduire, comme les meſures modernes. Ces meſures étoient des faits dont on ſe croyoit toujours plus sûr que des réſultats de la théorie. Les faits ſont de la nature, qui n'eſt jamais en erreur ; il y a toujours dans les théories quelque choſe de nous qui peut nous tromper, ou qui du moins permet la défiance. Il eſt vrai que la diminution des degrés étoit bien petite pour contredire une théorie ſi juſtement établie, une théorie conforme d'ailleurs à un fait d'obſervation, l'accourciſſement du pendule à l'équateur. On voyoit donc ici les faits contre les faits ; il ſemble même qu'un petit nombre de toiſes de différence, dans des meſures où tant d'erreurs ſont poſſibles, étoit moins déciſif que deux ou trois lignes dont il faut accourcir le pendule. Mais l'Académie, toujours ſage, toujours prête à douter, n'étoit point aſſurée de la maniere dont la force centrifuge ſe combine avec la peſanteur, pour ralentir la chûte des corps, & forcer d'accourcir le pendule. Le fait de la meſure des degrés étoit direct, ces degrés donnoient ſucceſſivement une figure allongée ; on admit le fait, & la concluſion, en attendant que l'avenir dévoilât le moyen ſecret d'accorder les deux faits oppoſés de l'accourciſſement du pendule & de l'aplatiſſement de la terre à l'équateur. J. Caſſini ſentoit cependant

cependant que des mesures plus éloignées donneroient des différences plus grandes & plus décisives, & il desiroit qu'on pût comparer deux degrés déterminés, l'un sous l'équateur, l'autre vers les pôles (*a*); la différence devoit être de 655 toises.

§. III.

M. DE MAIRAN étoit doué d'un esprit sage, & cet esprit, aidé de vues fines & ingénieuses, devenoit un esprit conciliateur: il savoit que la nature n'est jamais contraire à elle-même dans ses faits; il ne pouvoit concevoir que deux faits vrais donnassent au globe une figure différente. Il pensa qu'il devoit exister un moyen de les ramener tous deux à la même conclusion, & voici ce qu'il imagina. La figure aplatie de la terre a été déterminée par Newton & par Huygens, en supposant que la forme primitive de la terre avoit été sphérique. M. de Mairan ne pense point que cette supposition soit nécessaire; il suppose au contraire que sa forme premiere a été allongée, & beaucoup plus qu'elle ne l'est aujourd'hui. Lorsque la révolution diurne a commencé, & que la force centrifuge a été produite, le globe s'est élevé sous l'équateur d'une quantité proportionnée à cette force, il s'est aplati par les pôles, & cet aplatissement a diminué l'alongement primitif, sans l'anéantir. Les degrés mesurés peuvent donc nous indiquer ce qui subsiste encore de cet alongement, tandis que la chûte des corps, altérée sous l'équateur par la force centrifuge, demande un accourcissement du pendule (*b*).

§. IV.

DÉSAGUILLIERS attaqua l'explication de M. de Mairan,

(*a*) Mém. Acad. Scien. 1713, p. 188. (*b*) *Ibid.* p. 231.

pour défendre Newton & les vérités nées en Angleterre ; il demandoit comment on pouvoit jamais former un ſphéroïde alongé, en faiſant agir enſemble deux forces telles que la gravité & la force centrifuge, dont l'une tend à donner à la terre une forme ſphérique, & l'autre une forme élevée ſous l'équateur & aplatie vers les pôles. L'argument étoit preſſant, la nature de ces deux forces s'oppoſe en effet à un alongement; mais il falloit admettre l'attraction. M. de Mairan ne l'admettoit pas alors ; né dans le tems du plus grand empire de Deſcartes, il étoit encore ſon ſujet. Il vivoit à Paris, où l'on ne voyoit que des cartéſiens ; il vécut aſſez cependant pour voir le regne de Newton, & il fut aſſez ſage pour échanger les idées toujours cheres de ſa jeuneſſe contre les vérités nouvelles.

Quoique les Anglois fuſſent attachés avec juſtice aux déterminations de Newton, la meſure des degrés en France leur donnoit de l'inquiétude ; on voyoit une vérité démontrée par la raiſon géométrique, en oppoſition avec un fait d'obſervation. Ce ſchiſme de la théorie & de l'expérience étoit pénible ; on cherchoit à imaginer de nouvelles expériences pour décider la queſtion. Deſaguilliers propoſoit d'obſerver la durée de deux éclipſes de lune : la premiere vers les tropiques, lorſque la lune parcourt à peu près l'équateur de l'ombre ; la ſeconde vers les équinoxes, lorſque la lune la traverſe du nord au ſud, & à peu près dans le ſens de l'axe. Mais la différence de durée n'étant que de 29 ſecondes, il eſt impoſſible qu'elle ſe rende ſenſible dans l'obſervation des éclipſes de lune, & qu'elle ſerve à déterminer la figure de la terre. Deſaguilliers tenta une expérience pour détruire l'hypothèſe de M. de Mairan. Il prit deux anneaux de fer trempé & à reſſort, aſſemblés à angles droits ; ces anneaux étoient preſque circulaires, mais cependant un

peu alongés, & d'un 96[e] dans le ſens de l'axe; c'étoient les colures d'un ſphéroïde oblong. Deſaguilliers eſſaya pluſieurs mouvememens de rotation; il en trouva un qui rendit les deux diametres égaux. Un plus vif éleva l'équateur dans la proportion aſſignée par Newton pour notre globe, un plus rapide montra l'aplatiſſement de Jupiter (a). Cette expérience n'étoit pas ſi contraire à M. de Mairan. Car il pouvoit répondre que le mouvement diurne de la terre n'étoit pas aſſez rapide, n'avoit pas ſuffi pour amener le globe oblong à la forme ſphérique, encore moins à la forme aplatie. Mais la plus forte objection contre M. de Mairan eſt que les forces connues ne peuvent produire une forme oblongue & primitive; la gravité ne fait que des globes, & dès que ces globes ne ſont pas fluides, la force centrifuge n'aura point d'action ſur eux : ſi l'auteur de l'univers avoit fait primitivement la terre ſolide & oblongue, elle le ſeroit encore, comme au ſortir de ſes mains. Deſaguilliers trouva cependant un autre indice de la forme de la terre; il montra qu'en vertu de la force centrifuge qui naît de la rotation, le fil à plomb, à Londres & à Paris, devoit être détourné de la perpendiculaire d'environ cinq minutes : & comme cette déviation n'eſt point obſervée, comme le fil à plomb eſt réellement perpendiculaire à la ſurface de la terre, il a fallu que cette ſurface ſe ſoit diſpoſée pour cette perpendiculaire, ſe ſoit abaiſſée; & cet abaiſſement ne peut avoir lieu que par l'aplatiſſement du globe. Deſaguilliers objectoit encore que les meſures faites en France ne pouvoient être déciſives : non que l'exactitude des opérations de Caſſini lui fût ſuſpecte, il lui rendoit une juſtice bien méritée; mais l'homme le plus habile ſe ſert de tout le pouvoir de ſes organes, & ne peut aller

(a) Tranſac. philoſ. 1725, N°. 389.

au-delà. Sur l'inſtrument de dix pieds de rayon, employé à la meſure des degrés, on ne peut ſe flatter d'appercevoir dans la diviſion du limbe une partie moindre que la 20ᵉ partie d'une ligne; & cette vingtieme partie répond à huit ſecondes d'un degré céleſte, qui font 128 toiſes pour le degré de la terre. La différence des degrés meſurés n'atteignoit pas, ou ne ſurpaſſoit que bien peu cette erreur poſſible. Deſaguilliers ſouhaitoit, comme J. Caſſini, que l'on pût meſurer des degrés vers le pôle & ſous l'équateur, pour avoir de plus grandes différences (*a*). Les François ont fait peu de tems après ces entrepriſes deſirées: ils avoient élevé les premieres difficultés, c'eſt par leurs travaux qu'elles ont été réſolues; & c'eſt à eux qu'appartient uniquement la meſure moderne de notre globe.

§. V.

Si le ſyſtême de Newton éprouvoit des difficultés, celui de Deſcartes s'écrouloit de toutes parts; les cometes ſur-tout lui faiſoient le plus de tort. Non ſeulement quelques-unes étoient rétrogrades, marchant contre la direction des prétendus tourbillons, mais celle de 1707 s'éleva perpendiculairement du midi au nord. M. de Mairan ſentit que ces directions ne pouvoient avoir lieu dans le ſein même des tourbillons : il falloit les releguer au-delà de l'orbe de Saturne, où finiſſent les révolutions planétaires ; mais il étoit démontré par les parallaxes obſervées, que les cometes approchoient plus près de la Terre que Saturne, beaucoup plus même que toutes les planetes, excepté la lune. M. de Mairan fut obligé de changer la forme des tourbillons de Deſcartes; il leur ôta la ſphéricité. Ces tourbillons s'exercent dans le zodiaque, ils peuvent par conſéquent

(*a*) Tranſact. philoſ. an. 1725, N°. 386.

être enfermés dans cette zône étroite ; on peut les comparer à une meule qui a beaucoup de circonférence & de diametre, & peu d'épaiſſeur. Les cometes n'entrent point dans les tourbillons ; elles ne peuvent approcher de la terre dans le ſens du diametre de la meule, mais elles s'en approchent beaucoup dans le ſens de ſon épaiſſeur. Avec ces ſuppoſitions forcées qui annonçoient la ruine des opinions de Deſcartes, M. de Mairan expliquoit tout ; il regardoit les cometes comme des planetes qui appartiennent à un autre ſyſtême, & circulent autour d'un autre ſoleil. M. de Fontenelle applaudit à cette idée. *Il ſemble*, dit-il, *que de leur donner à toutes le ſoleil pour centre, ou pour foyer de leurs mouvemens, ce ſoit un reſte du penchant naturel qu'on a au ſyſtême Ptolémaïque, qui nous met au centre de tout ; ce ſeroit ſeulement ſubſtituer le ſoleil à notre terre* (a). M. de Fontenelle doutoit de l'empire du ſoleil : Képler l'avoit cependant ſoupçonné cent ans auparavant ; Newton venoit de le démontrer. Nous avons eu raiſon de dire que ce n'eſt pas avec l'eſprit philoſophique ſeul qu'on ſaiſit les vérités élevées ; il faut, pour les atteindre, une portion du génie qui ſert à les découvrir.

§. VI.

TANDIS qu'on flottoit ainſi d'opinions en opinions ſur les cometes, leur véritable théorie étoit bien connue & établie dans l'Angleterre ſi voiſine de nous. Deſcartes, qui fut utile à l'Europe en ruinant les anciens préjugés, nuiſit enſuite à la phyſique par les préjugés nouveaux qu'il leur ſubſtitua. Ces préjugés des hommes & des nations ſont des obſtacles plus grands, des barrieres plus difficiles à ſurmonter que l'intervalle

(a) Mém. de l'Ac. des Scien. année 1725, p. 173 ; Hiſt. p. 63.

des mers & la diſtance des continens. Lorſque M. de Fontenelle écrivoit ces choſes, il y avoit déjà vingt ans que Halley, développant les principes de Newton, avoit donné la théorie des cometes; ce fut en 1705. Halley expliqua la méthode de déterminer l'orbite parabolique d'une comete, au moyen de trois obſervations; & joignant les exemples aux préceptes, il calcula lui-même les poſitions & les élémens des orbites de ving-quatre cometes juſqu'alors obſervées : il en trouva treize dont le mouvement propre étoit rétrograde, & onze ſeulement qui avoient un mouvement direct. Leur route s'écarte dans toutes les directions du ciel; ainſi les cometes n'ont point de zodiaque, comme D. Caſſini l'avoit ſoupçonné (*a*). Comme ces différentes cometes approchent les unes plus, les autres moins près du ſoleil, Halley ſoupçonne qu'il peut y en avoir, qui ne s'approchent pas aſſez ni du ſoleil, ni de la terre pour devenir viſibles. Enfin en comparant enſemble les orbites de ces vingt-quatre cometes, il obſerva que la comete de 1607 avoit la même orbite que la comete de 1682. La comete de 1531 avoit encore la même orbite; voilà donc trois cometes qui ont le même mouvement, qui ont parcouru une orbite ſemblablement placée à l'égard de l'écliptique, & abſolument identique; elles ont paru chaque fois après le même intervalle de tems, comme ſi c'étoit une révolution accomplie & renouvelée. En effet de 1531 à 1607, il y a 76 ans, & de 1607 à 1682, il y a 75 ans. Ces apparitions également éloignées avoient bien l'air de révolutions périodiques. Halley étoit incertain ſur ce qu'il devoit prononcer; en remontant plus loin, il ne trouvoit plus de cometes obſervées par des aſtronômes. Mais ſes recherches ſur

(*a*) Le mouvement perpendiculaire de la comete de 1707 l'en avoit lui-même diſſuadé. (*Mém. Acad. des Scien.* année 1708, p. 97).

l'hiſtoire ſuffirent pour l'éclaircir. Il y trouva des apparitions de cometes dans les années 1456, 1380, 1305; cette conſtance de retours, cette égalité d'intervalles le décida tout à fait. Il ne douta point que ces aſtres ne fuſſent des planetes qui tournaſſent autour du ſoleil dans des ellipſes, comme Newton l'avoit enſeigné. Ces aſtres doivent avoir des révolutions périodiques, comme les autres planetes; il établit que la petite comete qui parut en 1682, avoit une période de 75 ou 76 ans, & il annonça avec confiance qu'elle reparoîtroit en 1758. Il conjectura que la comete de 1532 pourroit bien être la même que la comete de 1661; c'eſt celle que nous attendons en 1790. Newton étoit vivant & jouit de cette gloire.

§. VII.

La fameuſe comete de 1680 ſemble confirmer cette brillante découverte. Halley trouva par ſes recherches trois autres apparitions de cometes, remarquables par une queue longue & menaçante, & notées ſans doute dans l'hiſtoire, à cauſe de l'effroi des peuples. L'une s'eſt montrée quarante-quatre ans avant notre ère, au tems de la mort de Céſar, & ce fut le ſigne de ſon apothéoſe; une ſeconde en 531, une troiſieme en 1106. Ces trois cometes ſont ſéparées par des intervalles de 575 ans. La comete de 1106 a été ſuivie de même de la comete de 1680 & 1681, après un intervalle égal de 575 ans. Ces quatre cometes ne ſont donc que quatre apparitions d'une ſeule & même comete, qui ſe meut autour du ſoleil dans une longue révolution de 575 années (a). Les fables ſont ſouvent

(a) Tranſactions philoſop. année 1705, N°. 297. Principes mathém. de la philoſ. natur. édit. franc. Tom. II, p. 137.

utiles à la connoiſſance des faits ; ce ſont des deſſins tracés & des couleurs poſées ſur un canevas hiſtorique : ce canevas ſubſiſte avec elles, & la vérité demeure aux hommes par le ſoin qu'ils ont pris de l'orner. M. Freret, qui avoit une profonde connoiſſance des choſes anciennes, & l'eſprit philoſophique néceſſaire pour les pénétrer, trouva dans les fables conſervées pluſieurs indices de l'apparition de cette comete. Ovide dit qu'Electre, femme de Dardanus, & l'une des ſept Nymphes, fille d'Atlas, s'eſt cachée pour fuir le ſpectacle des malheurs de Troie (*a*). Selon Hygin, Electre ne pouvant plus ſoutenir la vue des danſes de ſes ſœurs, abandonna le zodiaque au tems des malheurs de Troie, & ſe retira vers le pôle arctique, marchant dans le déſordre d'une perſonne accablée de la plus vive douleur ; ſes cheveux épars & négligés lui firent donner le nom de comete (*b*). Avienus ajoute qu'elle ſe remontre de tems en tems aux mortels, mais toujours avec l'appareil d'une comete. *Les différentes circonſtances de cette fable, dans laquelle on ſuppoſoit qu'une des Pléïades, avec la figure & le nom d'une comete, abandonnant le zodiaque, avoit été ſe cacher vers le pôle au tems de la guerre de Troie ; & qu'elle ſe remontroit encore de tems en tems pour effrayer les mortels ; ces circonſtances ſont, ce me ſemble*, dit M. Freret, *une alluſion manifeſte à l'apparition d'une comete, qui s'étant montrée d'abord entre les conſtellations du Bélier & du Taureau aux environs des Pléïades, traverſa la partie ſeptentrionale du ciel & alla diſparoître vers le cercle arctique.* M. Freret place cette apparition vers l'an 1193 avant notre ère ; une autre fable va lui indiquer une apparition plus ancienne. L'étoile Canope en arabe ſe nomme Sokeil ; ce Sokeil avoit épouſé la conſtellation d'Orion, dont les Arabes

(*a*) Ovide, *Faſtes, Lib. IV*, v. 177.

(*b*) Hygin, *Aſtr. poët. Lib. II, de Tauro.*

font

font une femme; comme ſon amour étoit ardent, & ſes tranſports un peu violens, il bleſſa la nouvelle épouſe : accablé de douleur après cet accident, il abandonna le ſéjour du zodiaque, traverſa le fleuve céleſte, & s'alla réfugier auprès du pôle auſtral. Si cette fiction a quelque fondement hiſtorique, dit M. Freret, ce ne peut être qu'une comete, qui, s'étant montrée dans la conſtellation d'Orion, ſe ſera avancée par ſon mouvement propre vers le pôle méridional, & aura ceſſé d'être viſible aux environs de Canope. M. Freret en fixe l'époque à l'an 1766 avant J. C.; il trouve encore dans les livres Sibyllins une autre comete qu'il rapporte à l'an 618, auſſi avant J. C. Ces différentes cometes ſont éloignées d'environ 575 ans; ainſi voilà trois apparitions vraiſemblables que l'on peut ajouter aux trois que Halley a déjà trouvées dans l'hiſtoire. Il paroît donc que l'on peut ſuivre les ſept retours de la même comete depuis l'an 1766 avant J. C. juſqu'à l'an 1680 de notre ère.

§. VIII.

PENDANT ces recherches, Flamſteed obſervoit conſtamment le ciel; il en décrivoit les différentes parties; il déterminoit ſucceſſivement la poſition de toutes les étoiles : il travailloit avec cette patience qui rend les ouvrages durables. L'homme doit être le maître de ſes productions, il n'eſt point de propriété plus réelle & plus reſpectable; il ſait mieux que perſonne la perfection qui manque encore à la perfection qu'il peut atteindre; & lorſqu'il demande du tems, il ne faut pas le lui refuſer. Quoique le travail de Flamſteed ſur les étoiles fût peut-être complet, ce grand aſtronôme eſpéroit ſans doute le perfectionner par ſes veilles. L'aſtronôme vit & meurt en revenant ſur ſes travaux, & en ſe corrigeant. Halley, impatient de jouir, ſoit par le motif de l'utilité publique, ſoit par un

intérêt particulier, & pour établir les inégalités de la lune dans la période chaldaïque (*a*), força Flamsteed en 1712 de publier & ses observations & ses résultats. Flamsteed vit avec peine une édition faite sans lui & malgré lui (*b*); il ne la regarda point comme son ouvrage, & il en prépara une autre qui n'a paru qu'en 1725, & après sa mort. Cette édition est le plus magnifique recueil que possede l'astronomie. On y trouve toutes les observations de Flamsteed pendant cinquante années; & ce long intervalle enferme bien des observations, lorsque les jours & les nuits ont été employés, lorsque tous les momens favorables & les faveurs d'un ciel changeant ont été saisis! On y trouve les observations de Flamsteed faites à Derby, à Londres, & enfin à Gréenvich depuis 1668 jusqu'en 1690, sur les étoiles fixes, les planetes, les cometes, les taches du soleil & les satellites de Jupiter. Flamsteed alors employoit la méthode des distances pour déterminer la position des astres (*c*). En 1689, il eut un mural placé dans le méridien. Les observations depuis 1690 jusqu'en 1718, sont les passages des planetes & des étoiles par le méridien ; c'est par ces observations qu'il a fondé les positions des étoiles. Les principales, les plus belles ont été déterminées au moyen de la méthode que nous avons décrite (*d*), & la position des petites étoiles a été fixée par leur comparaison avec les grandes. Flamsteed a joint à son catalogue ceux de Ptolémée, d'Ulug-Beg, de Tycho, du Landgrave de Hesse, d'Hévélius, le petit catalogue des étoiles australes observées par Halley, enfin tout ce que les hommes ont fait sur les étoiles depuis la connoissance de l'astronomie. Tous les catalogues sont dans ce recueil, mais ils sont tous

(*a*) Histoire de l'Astron. mod. *suprà*, p. 635.
(*b*) *Acta erud.* 1721, p. 463. M. de la Lande, *Astron.* art. 570.
(*c*) *Suprà*, p. 293.
(*d*) *Suprà*, p. 589.

effacés par le grand travail de Flamſteed, le plus vaſte qu'on eût encore entrepris & exécuté. Trois mille étoiles ont été obſervées, & leurs poſitions conſignées à la poſtérité. Ce catalogue a été la baſe de preſque toutes les recherches aſtronomiques; commencé quelque tems après celui d'Hévélius, il a une grande ſupériorité par la perfection des méthodes, & ſurtout des inſtrumens dont Hévélius avoit refuſé de ſe ſervir. Toutes ces poſitions d'étoiles, obſervées à la fois & en grand nombre, n'ont pas la préciſion ſoignée des déterminations particulieres de quelques aſtronômes plus modernes, elles ne ſont pas corrigées des petits mouvemens découverts depuis dans les étoiles; elles ne ſuffiſent donc pas à des recherches délicates, & pour leſquelles l'aſtronôme curieux de l'exactitude auroit beſoin d'établir lui-même le lieu des étoiles qu'il employe. Mais, outre l'avantage de montrer par un dénombrement plus complet des étoiles, le tableau du ciel & le détail de ſes richeſſes, ce catalogue ſert encore, & ſans examen, pour comparer les cometes aux étoiles, & pour déterminer leur route & leur mouvement.

§. IX.

Nous avons remis à l'époque où nous ſommes, c'eſt-à-dire, au commencement du dix-huitieme ſiecle l'hiſtoire des tentatives, qui ont été faites pour déterminer la parallaxe de l'orbe annuel & la diſtance des étoiles. Le ſyſtême de Copernic avoit eu long-tems, il avoit encore des ennemis; il n'y a peut-être que l'erreur qui ſoit d'abord & tout-à-coup générale. En 1720 un chanoine Bavarois, nommé Euſebe Amort, mit au jour *un nouveau ſyſtême* d'une vieille philoſophie; c'étoit la terre replacée au centre du monde, au milieu des tourbillons (a); c'étoit Ptolémée

(a) Weidler, p. 601.

associé à Descartes. En 1695 un moine nommé Fontana (a); avoit osé davantage; il rejeta toute cause mécanique pour mouvoir les planetes, il leur donna à chacune un principe actif & spirituel, une intelligence (b). C'étoit une absurdité antique; les anciens avoient animé les astres, les Perses leur donnerent des génies, les chrétiens Asiatiques des anges pour les conduire. Cette absurdité reparoissoit dans un siecle éclairé; tant l'erreur est une maladie dont l'espece humaine a peine à se guérir! On juge bien que le mouvement de la terre, le systême de Copernic, contraire au témoignage des sens, quoiqu'admis par les meilleurs esprits, ne l'étoit point par la multitude. Si la terre se meut, son axe, toujours parallèle à lui-même, devroit répondre dans le cours de l'année à différentes étoiles. Cet axe, mu en cercle autour du soleil, décrit par son extrémité un cercle dans le ciel; il semble que ce cercle devroit occuper un espace sensible, puisqu'il répond à un orbe dont le diametre a plus de 60 millions de lieues; les étoiles devroient changer de lieu, suivant le lieu où nous sommes dans notre orbite. On a peine à croire que l'on voyage, quand on ne change ni d'aspect, ni de relation avec les objets environnans. On n'avoit alors, & on n'a encore à opposer à cette objection que la distance infinie des étoiles; distance qui fait que le diametre de l'orbe annuel de 60 millions de lieues ne se projette sur le ciel que comme un point insensible à notre organe: nous nous mouvons sans faire de parallaxe, nous changeons de lieu sans que les étoiles changent de place. Quoique cette réponse suffise, lorsque tant d'autorités & de preuves multipliées établissent le mouvement de la terre, les astronômes,

---

(a) Ce Fontana ne doit pas être confondu, avec celui qui revendiqua envain l'invention du télescope, mais qui est connu pour quelques bonnes observations. (*Suprà* p. 166.

(b) Weidler, p. 572.)

empressés de détruire cette objection à un systême qui se fait aimer par sa simplicité, les philosophes, qui savent que la vérité ne peut jamais être trop évidente, se sont efforcés d'imaginer & d'exécuter des observations fines & délicates, pour découvrir la parallaxe de l'orbe annuel, ou le changement du lieu des étoiles, qui résulte du mouvement de la terre dans son orbite. Les variations de cette parallaxe doivent être périodiques & annuelles comme ce mouvement.

Tycho ne négligea point de chercher si les variations des étoiles indiquoient ce mouvement, & on juge bien qu'il fut content que ses observations n'en donnassent aucun indice. Cette tentative prouve seulement que ses instrumens n'étoient pas assez subtils pour cette recherche. Riccioli ne fut pas plus heureux, & ne desiroit pas de l'être davantage (*a*). Galilée, le défenseur intrépide de Copernic, chercha aussi cette parallaxe; mais avec d'autres intentions. Partisans, adversaires du mouvement de la terre, tous vouloient amener l'univers à penser comme eux, tous desiroient que les observations fussent conformes à leurs opinions différentes. Les uns vouloient confirmer, le autres détruire une vérité. L'effet de cette parallaxe est, selon les tems, d'approcher ou d'éloigner une étoile du zenith ou du pôle; Galilée fixa une lunette dans une position invariable, il plaça à une grande distance une lame de métal, qui cachoit une des étoiles de la grande Ourse, lorsqu'elle arrive à sa plus petite hauteur méridienne. Il crut que si cette étoile, cachée dans une saison, paroissoit dans une autre, ce seroit un effet de la parallaxe annuelle, mais il se trompa. L'inégalité des réfractions, qui naît de la température, suffit pour le produire, & le moyen étoit insuffisant (*b*). Wallis en proposa un

(*a*) Képler, *Epit. Astron.* p. 493. Riccioli, Almag. Tome II, p. 152.

(*b*) Histoire des Mathématiques, T. I, p. 547.

autre, qui fut d'obſerver le point de l'horizon où la même étoile ſe couche dans les différentes ſaiſons de l'année (*a*); mais les étoiles ſont difficiles à voir à l'horizon : d'ailleurs il ſemble qu'il faudroit une parallaxe un peu grande pour produire un effet ſenſible. En Angleterre, Hook, rempli de philoſophie & d'ardeur pour les grandes découvertes, Hook qui encouragea Newton, & qui lui demanda le ſyſtême du monde, tenta en 1674, la recherche de la parallaxe des étoiles; il dirigea une lunette de 36 pieds à une étoile du Dragon qui paſſe près du zenith, & il trouva qu'elle étoit aſſujettie à une parallaxe d'environ 15 ſecondes (*b*). Cette belle découverte n'a point été confirmée; Hook a été ſans doute trompé par les erreurs de ſes obſervations; il cherchoit une parallaxe, il en deſiroit une, il en ſaiſit ſans examen les premieres apparences.

§. X.

Flamsteed, qui reconnut que Hook s'étoit trompé, renouvela l'entrepriſe en 1689; il obſerva l'étoile polaire, & il y apperçut une variation qu'il regarda comme l'effet de la parallaxe annuelle (*c*); cette parallaxe étoit de 1′ 20″, & par conſéquent très-remarquable. Mais il ſe trompa comme Hook, & même plus que lui; car le réſultat des obſervations de Hook étoit réellement conforme à l'effet de la parallaxe annuelle, au lieu que les variations obſervées par Flamſteed, étoient contraires à celles, qui ſeroient produites par cette parallaxe. C'eſt ce que démontra J. Caſſini (*d*). Il étoit cependant diffi-

(*a*) Tranſactions philoſophiques, N°. 101.

(*b*) *An attempt to prove the motion of Earth.*

(*c*) Tranſac. philoſoph. 1701, N°. 270, Flamſteed notifia cette découverte par une lettre datée du 10 Décembre 1698. *Wallis Opera*, Tom. III.

(*d*) Hiſt. Acad. Scien. 1699, p. 80, Mém. p. 177.

cile de douter des obſervations d'un excellent obſervateur tel que Flamſteed ; on prit le parti de chercher une autre cauſe à ces variations. M. de Fontenelle penſoit que les étoiles n'étoient pas immobiles, & toujours Cartéſien, il diſoit : *comment ne ſeroient-elles pas un peu flottantes dans ce grand liquide qui les contient, & qui eſt toujours en mouvement ?* Gregori croyoit que la terre avoit une hémiſphere plus denſe & plus peſant que l'autre, d'où il pouvoit réſulter quelque mouvement du globe (*a*). Flamſteed lui-même ne regardoit pas ſes obſervations comme déciſives, car il ſouhaitoit qu'elles fuſſent vérifiées avec un inſtrument de 15 ou 20 pieds de rayon (*b*); cependant une variation de 80 ſecondes ne demande pas un ſi grand inſtrument. Mais ce qu'il deſiroit a été effectué. M. Graham, celebre horloger Anglois, a conſtruit un ſextant de 24 pieds de rayon pour M. Molyneux, qui chercha la parallaxe & qui n'en trouva pas (*c*). Roëmer, Horrebow la chercherent en Danemarck par les différences d'aſcenſion droite de deux étoiles, comparées dans tous les tems de l'année; Manfredi la cherchoit en Italie par le même moyen. Mais les différences d'aſcenſion droite ſont connues par le tems; une ſeconde de tems, dont l'obſervateur ne doit peut-être pas répondre, eſt équivalente à un arc de 15 ſecondes. Il faudroit que la parallaxe fût bien ſenſible pour l'être par ces méthodes; auſſi ces obſervations ne montrent-elles, dit-on, que les irrégularités qui naiſſent des erreurs de l'obſervation.

(*a*) *Aſtron. phyſica*, Lib. III, p. 55.

(*b*) M. de la Lande, *Aſtron.* art. 2775.

(c) Rowley en Angleterre, propoſa de placer un objectif au haut d'une des tours de S. Paul de Londres, pour obſerver la parallaxe annuelle. On dit que Newton s'y oppoſa, dans la crainte que quelques variations dans la maſſe du bâtiment ne fiſſent tirer de fauſſes concluſions (*M. de la Lande, Aſtron.* article 2776). Mais il ſemble qu'un bâtiment ancien, qui auroit fait tout ſon effet, ſeroit très-propre à cette recherche; une pareille obſervation nous manque encore. On pourroit avoir ainſi un inſtrument de quatre-vingt ou cent pieds, & la parallaxe pourroit bien s'y manifeſter, quoiqu'elle ſoit inſenſible pour un ſextant de vingt-quatre pieds.

Les obſervations d'Italie ſont quelquefois contraires à celles de Danemarck, & les unes & les autres ne démontrent point la parallaxe (*a*). J. Caſſini crut, en obſervant Sirius, lui reconnoître une parallaxe de ſix ſecondes (*b*). Quelques obſervations de M. de la Caille conduiſent au même réſultat. Sirius étant la plus belle, la plus brillante étoile du ciel, ſemble être la plus proche de nous, elle devroit avoir la parallaxe la plus ſenſible; mais ces apparences ne ſont ni aſſez conſtantes, ni aſſez ſûres pour que l'on puiſſe rien conclure à cet égard. Malgré les efforts répétés juſqu'à nos jours, la parallaxe des étoiles eſt reſtée inſenſible; & comme l'hypothèſe du mouvement de la terre, vérifiée par tous les phénomènes, eſt aujourd'hui une vérité fondamentale, il eſt également certain que la diſtance des étoiles les plus proches de nous eſt comme infinie. En décrivant notre orbe de 60 millions de lieues de diametre, nous nous agitons, nous nous mouvons à leur égard, comme ſur un point imperceptible de l'eſpace, ou plutôt comme ſi nous ne nous mouvions pas.

§. XI.

Jacques Cassini, occupé de ces idées univerſelles, tenta d'eſtimer la groſſeur des étoiles; il choiſit Sirius, qui eſt la plus belle; & pour la dépouiller de l'effet de la ſcintillation, qui diminue dans les grandes lunettes, il employa l'excellent objectif de Campani de 34 pieds de foyer : comme cette ſcintillation, cette augmentation de grandeur eſt encore proportionnelle à la quantité de lumiere, il diminua l'ouverture & la réduiſit à un pouce & demi; alors le diſque de Sirius,

(*a*) M. de la Lande, *Aſtron.* art. 2779. Hiſt. des Math. Tome I, p. 550.

(*b*) Mém. de l'Acad. des Scien. an. 1717, p. 256.

dépouillé

dépouillé de ses rayons étincelans, parut assez bien terminé. Cassini en compara la grandeur à Jupiter, qui étoit en même tems sur l'horizon, avec un diametre de 50″; l'un parut la dixieme partie de l'autre, & le diametre de Sirius fut jugé de 5 secondes. J. Cassini observe que cette étoile ne peut pas être moins éloignée que Saturne, & placée à la même distance, elle auroit 7000 lieues de diametre. Si, comme il est naturel de le penser, les étoiles les plus petites sont le plus loin de nous, celles de la sixieme grandeur seront six fois plus éloignées que Sirius; & les étoiles que l'on n'apperçoit qu'avec un télescope propre à grossir 200 fois, & qui ainsi grossies ne paroissent que semblables à une étoile de la sixieme grandeur, seront donc 1200 fois plus distantes que Sirius. Mais ce n'est pas tout; Cassini avoit cru trouver à cette étoile une parallaxe de 6 secondes. Il en résulte que la distance de Sirius paroissoit de 438 millions de diametres de la Terre, c'est-à-dire, qu'elle devoit être 17 à 18 mille fois plus grande que celle du Soleil à nous. Sirius, reculé à cet éloignement, beaucoup au-delà de la région de Saturne, où on l'avoit d'abord supposé placé, & vu sous un diametre de 5 secondes, seroit un million de fois plus gros que le Soleil, qui est lui-même un million de fois plus gros que la Terre. L'imagination est étonnée de cette échelle de grandeurs & de masses croissantes! Mais si l'on fait attention que Sirius, 18000 fois plus éloigné que le Soleil, nous envoye cependant une lumiere très-vive, on sentira que le foyer d'où part cette lumiere doit être immense; & ces étoiles, qui sont 1200 fois plus petites en apparence que Sirius, on peut juger & de leur éloignement & de leur grosseur (a)! Huygens a imaginé un moyen très-ingénieux

(a) Mém. Acad. des Scien. année 1717, p. 256.

d'estimer l'énorme distance des étoiles ; il a préparé une lunette de maniere qu'elle diminuât le diametre du Soleil, au point qu'il ne parût qu'égal en grandeur & en clarté à Sirius ; il a calculé qu'il avoit rendu le diametre du Soleil 27664 fois plus petit. C'est comme s'il avoit porté le Soleil 27664 fois plus loin. Donc, en supposant que Sirius soit égal en grandeur & en éclat au Soleil, sa distance est 27664 fois plus grande que la distance du Soleil, qui est d'environ 33 millions de lieues (*a*). Huygens, supposant comme Cassini, que Sirius fût un million de fois plus gros que le Soleil, auroit trouvé une distance encore cent fois plus grande. Si ces expériences & ces observations ne faisoient point connoître la parallaxe annuelle & la distance réelle des étoiles à la terre, elles prouvoient au moins que cette distance surpassoit 20 ou 30 mille fois celle du soleil. Halley combattit les conclusions que Jacques Cassini tiroit de ses observations ; il remarque à l'égard du diametre de Sirius, que celui des étoiles nommées l'Œil du Taureau & l'Épi de la Vierge, ne paroît pas sensible ; elles sont éclipsées par la Lune dans un instant indivisible. Sirius est une étoile plus grande, mais tout au plus du double des autres étoiles de la premiere grandeur ; si son diametre étoit de 5 secondes, celui des autres seroit donc de plus de 3 secondes & demie (*b*), elles seroient 6 à 7 secondes à s'éclipser (*c*), ce qui est contraire à toutes les observations. A l'égard de la parallaxe, Halley montre que l'instrument de trois pieds, employé par Cassini, étoit trop petit

(*a*) Huygens, *Cosmoth.* sec. part. c. 8.

(*b*) Les surfaces étant doubles, les diametres sont comme 1 à la racine quarrée de 2.

(*c*) Le 9 Février 1718 J. Cassini observa une éclipse d'Aldebaran par la lune ; & comme on voyoit très-bien à la vue simple cette étoile près du bord de la lune, il imagina de faire faire à la vue simple l'observation, qui fut instantanée avec l'observation faite à la lunette (*Mém. Acad. Scien.* 1718, p. 15). Cette observation singuliere n'est peut être pas assez connue, & pourroit devenir utile sur mer pour les longitudes.

pour une recherche si délicate (*a*) ; les objections de Halley tendent donc à diminuer le diametre & la parallaxe, & à éloigner encore l'étoile.

§. XII.

Toutes les observations s'unissent pour nous convaincre que le diametre apparent des étoiles est insensible. Il y a lieu de croire que J. Cassini n'avoit pas dépouillé Sirius de la couronne lumineuse, étrangere à son disque ; s'il eût diminué davantage l'ouverture de sa lunette, il auroit vu l'étoile sous une apparence plus petite. Une observation singuliere & intéressante lui prouva combien les diametres apparens étoient augmentés par cet éparpillement de la lumiere. Le 21 Avril 1720 la lune devoit éclipser l'étoile double de la Vierge appelée γ par Bayer ; ces deux étoiles, qui n'en font qu'une à la vue simple, sont si près l'une de l'autre, que par une lunette d'onze pieds, on les voit sous la forme d'une seule étoile un peu alongée. Elles se séparent dans une lunette de seize pieds, & leur distance ne paroît pas plus grande que le diametre de chacune de ces étoiles prises séparément. Les deux étoiles, en s'approchant du bord de la lune, ne changerent ni de forme ni de distance ; elles disparurent chacune en moins d'une demi-seconde, mais il y eut un intervalle de 30 secondes entre leurs disparitions (*b*). J. Cassini en conclut 1°. que la lune n'a point d'atmosphère, puisque la réfraction dans cette atmosphère devoit changer la forme, la couleur & la distance des étoiles,

(*a*) Transac. philos. 1720, N°. 364

(*b*) M. Messier a observé l'occultation de cette étoile double le 7 Avril 1762 ; il n'a trouvé que six secondes d'intervalle entre les immersions, & huit secondes entre les émersions (*Mém. des Savans étran.* T. V, p. 313, 314). En diminuant en proportion les résultats de J. Cassini, ils seroient encore très-grands ; mais la différence de ces tems observés peut naître de la différente position de l'orbite de la lune plus ou moins inclinée à la distance mutuelle de ces étoiles.

lefquelles étant femblables, pouvoient être à chaque inftant comparées : 2°. Que le diametre apparent des étoiles paroît infiniment plus grand qu'il n'eft réellement. Les étoiles fe confondent à l'œil nu, leur intervalle difparoît : cependant on voit par le tems de l'obfervation, que l'intervalle étoit à ce diametre comme 30 à $\frac{1}{2}$, c'eft-à-dire, 60 fois plus grand ; & en concevant, comme cela eft naturel & même néceffaire, que l'augmentation de l'image de chaque étoile étoit égale, que les deux extenfions contribuoient à remplir en apparence l'intervalle, le diametre apparent de ces étoiles paroiffoit donc au moins 30 fois plus grand qu'il n'eft, & leur difque étoit augmenté 900 fois par la fcintillation (*a*). Quelle feroit donc la petiteffe de ces étoiles, fi on pouvoit les dépouiller totalement des rayons que leur donne cette fcintillation ; & quel doit être l'éclat, la vivacité de leur lumiere, partie d'une fi grande diftance, pour rendre une fi petite image fenfible à notre organe ! Il eft bon d'ajouter que l'effet des lunettes étant de dépouiller les étoiles d'une partie de ces rayons, la petite étoile dont l'apparence étoit 900 fois trop grande même dans une lunette d'onze pieds, étoit cependant beaucoup moindre qu'elle n'eft à la vue fimple.

§. XIII.

Ces étoiles, qui lancent de fi loin une lumiere fenfible, ne peuvent être que des corps lumineux comme le foleil, des maffes auffi puiffantes que la fienne ; leurs pofitions ne feroient pas toujours fenfiblement les mêmes, leur attraction les déplaceroit mutuellement, fi toutes ces étoiles n'étoient pas féparées entr'elles par des diftances auffi grandes que celles de notre foleil aux étoiles mêmes. C'eft cette diftance qui les met à

(*a*) Mém. Acad. des Scien. année 1720, p. 141.

l'abri de leur action réciproque, qui les laisse dans leur repos comme lui dans le sien. Il est donc nécessaire, comme Halley l'a remarqué, que dans les abîmes de l'espace, les empires des étoiles soient séparés, pour que leurs pouvoirs relatifs soient nuls; & qu'elles regnent sur les corps subordonnés, sur les planetes de leurs systêmes particuliers, sans que ces grandes puissances puissent se nuire. On ne peut imaginer, comme ont fait jadis les Grecs, que toutes les étoiles soient à la même distance; il est naturel de croire que les plus belles, celles de la premiere grandeur, sont les plus proches de nous & de notre soleil. Si l'on imagine autour de lui une sphere, dont la distance de ces étoiles plus proche est le rayon, Halley pense que les étoiles de la premiere grandeur sont semées sur la surface de cette sphère fictive : & comme leurs distances mutuelles ne peuvent être plus grandes que leurs distances au soleil, Halley remarque que sur la surface d'une sphère, il n'y a que treize points qui puissent être également espacés par une distance égale au rayon; & il conclut de ces probabilités qu'il ne doit y avoir que treize étoiles de la premiere grandeur. Képler avoit déjà fait cette remarque sur la division de la surface d'une sphère (*a*); mais il n'en avoit pas tiré la conclusion ingénieuse de Halley. Ptolémée comptoit seize étoiles de la premiere grandeur; M. de la Caille, en décrivant l'hémisphère austral, en a compté dix-neuf ou vingt. Mais on peut dire avec Halley que l'œil n'est pas un instrument bien exact pour s'assurer de l'égalité d'apparence des étoiles; nous en confondons peut-être plusieurs dans cet ordre, qui sont inégales en grosseur & en éloignement. Halley observe qu'il y en a cinq de cette espece dans une étendue de 45 degrés du ciel; ce qui ne doit pas être

(*a*) Epit. Astron. Copern. Tome I, p. 56.

dans sa supposition, & ce qui en effet n'est pas naturel. Il suppose que les étoiles de la seconde grandeur sont une fois plus éloignées : alors sur la surface de cette sphère plus grande, les étoiles étant espacées à la moitié de cette distance, il en peut tenir 51 ; c'est, selon Halley le nombre des étoiles de la seconde grandeur. A une distance triple, la surface en contiendra 117 (a) ; c'est le nombre des étoiles de la troisieme grandeur. Enfin si l'on suppose une distance dix fois plus grande, & que cette distance puisse réduire l'apparence des étoiles à celle de la sixieme grandeur, on aura 1300 de ces étoiles (b). Cette supposition de Halley cadre assez bien avec les étoiles de la premiere & de la seconde grandeur, & peut-être qu'elle cadreroit mieux avec toutes les autres, si la lumiere & la grandeur de ces étoiles avoient été mesurées, & si on pouvoit les classer par leur vrai degré d'éclat & de clarté.

§. XIV.

Halley, la Hire, D. Cassini avoient déterminé la précession des équinoxes, ou le mouvement apparent des étoiles en longitude, en comparant leurs longitudes observées jadis par Hypparque à celles qui étoient alors reconnues par les meilleurs astronômes ; & ils avoient établi la quantité annuelle de cette précession de 50 secondes ou de 50 secondes trois quarts. C'est la quantité dont tous les ans l'équinoxe rétrograde, tandis que les étoiles paroissent s'avancer. Un frere de M. Delisle, qu'on nommoit Delisle de la Croiere, pensa que les observations modernes étoient assez exactes & suffisamment éloignées pour cette détermination. Il en choisit plusieurs séparées par un

(a) Ptolémée en compte 15 de la premiere, 45 de la seconde, & 208 de la troisieme 5 &c., en tout mille vingt-deux.

(b) Transac. philos. 1720, N°. 364.

intervalle de 60 ans, & il en déduisit la précession annuelle de 48 secondes & demie, d'où il soupçonna que cette rétrogradation des équinoxes est plus lente aujourd'hui qu'elle n'étoit jadis. Les observations qu'il employa n'étoient sans doute pas assez éloignées, il eut pour résultat une quantité trop petite. Mais nous avons dû lui donner date pour un soupçon qui s'est vérifié par la suite; il se félicite, & félicite avec raison l'astronomie nouvelle d'avoir acquis assez de précision pour pouvoir déterminer presque aussi bien ces petits mouvemens en 60 ans que dans l'intervalle de 2000 années (*a*).

Halley s'étoit déjà élevé à une grande découverte, à une connoissance d'autant plus importante, qu'elle influe sur les idées physiques du systême du monde; ce fut en cherchant la précession des équinoxes. Il s'apperçut que les latitudes des étoiles Aldébaran, Sirius & Arcturus avoient changé depuis Hypparque; ce changement étoit même sensible depuis Tycho. Ce ne sont point des erreurs de copie, parce que les latitudes rapportées dans l'Almageste de Ptolémée, s'accordent avec les déclinaisons observées dans le même tems; c'est un caractere & de vérité & d'exactitude. Ce changement en latitude n'est pas le même que celui qui fut remarqué par Tycho (*b*); celui-ci naissoit de la diminution de l'obliquité de l'écliptique; l'écliptique, en s'abaissant, augmente la latitude des étoiles qui sont au nord, & diminue la latitude de celles qui sont au midi. Le changement observé par Halley étoit souvent dans un sens contraire à l'autre, il n'affectoit point toutes les étoiles, il ne se manifestoit que dans les plus belles. Cette circonstance étoit propre à éclairer l'astronôme. Si ce mouvement eût été étranger à ces étoiles, s'il eût appartenu à notre globe, il auroit été le même pour toutes, comme

(*a*) Mém. Acad. Scien. an. 1717, p. 19.

(*b*) *Suprà*, T. I, p. 406.

la précession des équinoxes; ou du moins il n'auroit varié que relativement à leur position, comme celui qui naît de la diminution de l'obliquité de l'écliptique. Halley conclut avec raison que le mouvement qu'il appercevoit appartient en propre à ces étoiles, & est différent dans chacune d'elles. Ce mouvement est un changement réel de lieu dans l'espace; ces étoiles sont transportées, sont mues comme les planetes dans leurs orbites. Ces changemens sont très-lents, ces orbes sont très-petits, parce que la distance des étoiles est infiniment grande (a). Les étoiles fixes ne le sont donc pas; si elles ont paru l'être à une longue suite de siecles, c'est que ce grand tems a été nécessaire pour rendre sensibles des variations presque anéanties par l'éloignement! Ces étoiles ne luisent point pour le foible secours de la lumiere qu'elles nous donnent; ces flambeaux n'ont pas été placés si loin, sans avoir des corps qu'ils éclairent. Seroient-ils revêtus d'une puissance attractive, sans avoir une sphère où elle agisse, des masses telles que nos planetes, qui lui soient soumises? La nature n'a point fait cette dépense de feux & de force sans nécessité. Notre soleil, qui n'a d'avantage sur ces étoiles que la proximité, notre soleil leur égal, n'est pas plus remarquable qu'elles; il ne les efface que comme les Rois vivans & présens effacent leurs prédécesseurs, qui sont dans l'éloignement pour la postérité. Voilà donc une vérité nouvelle & importante, ajoutée par Halley, aux vérités de Newton. Ce vaste soleil, dont Newton a si bien démontré l'immobilité sensible à l'égard des planetes qui circulent autour de lui, ne l'est réellement qu'à l'égard de ces planetes; il peut, il doit, comme les étoiles, se transporter dans l'espace, accompagné de tout son cortége; tout marche avec lui d'un mouvement commun

(a) Transac. philos. 1718, N°. 355.

&

& semblable, & l'ordre intérieur du systême n'en est point dérangé. Chaque planete a son orbe particulier à parcourir, sa révolution qu'elle doit accomplir, tandis que l'assemblage total, tous les corps liés par l'attraction solaire, suivent le soleil qui les gouverne. Nous ne pouvons que difficilement appercevoir ce mouvement, qui nous est comme étranger; le mouvement ne se manifeste que par le changement, & rien ne change autour de nous. Mais nous en avons un exemple sensible dans la lune & dans les satellites. Ces planetes secondaires tournent autour d'une planete principale, qui les emporte dans l'orbe qu'elle décrit elle-même, sans que leur mouvement en soit troublé. Ce qui arrive au cortége de Jupiter, peut arriver au cortége du Soleil; cet astre, chargé de tous les corps qui pesent sur lui, marche lentement avec ce poids, suit une route ou droite ou courbe, qui ne nous sera peut-être jamais sensible; & peut-être autour de quelque grand corps, de quelque masse plus puissante qui le maîtrise, & qui nous restera toujours inconnue.

§. X V.

Cette découverte offre encore une conclusion intéressante & nécessaire. Puisque Aldebaran, Sirius, Arcturùs & sans doute quelques autres étoiles se meuvent, il est évident que toutes doivent se mouvoir. Les fortunes sont les mêmes, les loix principales de la nature sont générales pour les êtres de même espece. Si les étoiles plus petites semblent réellement immobiles, c'est que leurs variations sont encore plus insensibles que celles des grosses étoiles; c'est qu'un plus grand éloignement tient ces variations cachées, leur somme s'accroît plus lentement, & il faudra plus de siecles amassés pour les manifester. Voilà donc une preuve que les étoiles sont réellement

à différentes distances de nous ; si elles sont classées par leurs grandeurs, ces différences de grandeurs ne sont pas réelles, ou du moins dépendent en partie de ces différences d'éloignement. Mais les étoiles sans doute les plus proches sont à une distance qui s'est jusqu'ici refusée à nos mesures ; elle est comme infinie : & cet infini où nous nous perdons toujours, est encore susceptible de plus ou de moins, & de différences qui peuvent se rendre sensibles par leurs effets !

Halley étoit sans doute fâché que la mesure de cette distance des étoiles fût inaccessible à nos efforts. Nous ne pouvons concevoir l'infini ; & lorsqu'on pense que cette distance se multiplie, sans doute en raison de la diminution de la grandeur des étoiles, cette succession d'infinis accumulés nous épouvante, & l'imagination y succombe ! L'ingénieux Halley voulut les établir, ou les appuyer sur des raisons métaphysiques. » Si, » dit-il, le systême entier des étoiles est fini, s'il n'occupe » qu'une partie de l'espace, il doit être environné de tous » côtés par le vide. Mais ce vide n'ayant point d'action sur » les corps qui composent le systême, ces corps exercent » toute leur force sur eux-mêmes, sans équilibre & sans com- » pensation. Ceux qui sont aux extrémités, ceux qui nagent » vers les bords du vide, sont attirés fortement & continuel- » lement par ceux qui sont vers le centre ; ils tendent sans » cesse à s'y réunir : & ces effets constans & multipliés par » les siecles, assembleroient un jour tous ces soleils au centre » du systême, pour n'en former qu'une grande masse sans » mouvement. En supposant que le nombre des étoiles est » infini, que le systême est sans bornes, toutes les forces se » balancent, les astres parcourent les routes qui leur ont été » tracées, l'équilibre atteste la sagesse de l'Être suprême, & » l'ordre de l'univers se perpétue ». Halley fait lui-même deux

objections à ce raisonnement; l'une, que si le nombre des étoiles est infini, la superficie entiere de leur sphère apparente devroit être lumineuse, puisque ces points, infinis en nombre, égaleroient les points de cette superficie. Mai on peut répondre que les étoiles de la septieme, huitieme ou neuvieme grandeurs, nommées télescopiques, parce que ces différens ordres ne sont vus qu'avec des télescopes assez forts, sont cependant assez éloignées entr'elles. Les étoiles ne peuvent être serrées au point de former une surface continue, qu'à une distance si énorme que leur lumiere affoiblie, entiérement éteinte, n'a plus d'action sensible sur notre organe. Mais la seconde objection est la plus forte. Halley l'a bien senti; c'est la difficulté de concevoir ces étoiles, infinies en nombre & semées dans un espace sans bornes (*a*). Envain Halley compare cette idée à celle de l'éternité composée de milliers de siecles, ajoutés les uns aux autres comme des unités. C'est expliquer une difficulté par une difficulté égale. L'éternité ne peut être connue que par Dieu qui l'embrasse, & qui la mesure par son existence. L'homme, fixé à un point de la durée, ne peut pas plus en concevoir l'étendue, que l'animal stationnaire sur un rocher ne conçoit la grandeur de la terre. On aura beau faire, l'homme n'aura jamais d'autre idée de l'éternité que celle de la succession des êtres; il imaginera des parties sans cesse ajoutées à d'autres parties, mais il n'atteindra jamais l'idée de l'étendue infinie; si l'infinité de l'espace existe, comme celle du tems, la notion en est inaccessible à l'esprit humain. Au reste, nous ne voyons pas pourquoi l'on se refuseroit à l'idée d'un systême borné & d'un nombre fini de soleils & de corps célestes. Tout nous indique que les forces de la nature sont bornées; les

(*a*) Transactions philosophiques année 1720, N°. 364.

plus grandes ont un terme où cesse leur action. Les soleils peuvent être espacés dans le vide, de maniere qu'ils soient toujours au-delà de ce terme, & qu'existant comme solitaires, ils n'ayent point de pouvoir les uns sur les autres. Ces empires séparés pourroient donc subsister sans se réunir jamais dans un seul, sans se détruire réciproquement par leurs masses sans ordre accumulées. Mais d'ailleurs, pourquoi ce chaos destiné à tout finir, seroit-il inconcevable? La cessation du mouvement, la masse épouvantable de tous ces corps entassés en un seul, cette fin d'un si bel ouvrage seroit un vice de la nature créée. Ne voyons-nous pas que ses parties se décomposent? Son sein ne s'ouvre que pour montrer des causes de destruction; tous les êtres changent, tandis que l'univers subsiste: mais cette grande organisation peut se détruire comme nous, par le principe de force qui le fait mouvoir, & qui le conserve comme nous, pendant un tems limité.

§. XVI.

Toutes les sciences ont des conformités & une marche semblable, qui est celle de l'esprit humain. Partout il est des connoissances qui nous sont refusées, & partout l'homme oppose l'opiniâtreté à la résistance. Nous ignorons ce que la perfection future des arts nous réserve; mais la connoissance de la distance des étoiles nous sera peut-être toujours refusée, comme dans la chimie la transmutation des métaux. Cependant en s'efforçant d'acquérir ce qu'il ne peut atteindre, l'homme rencontre & saisit ce qu'il ne cherchoit pas. On dit que plusieurs des vérités de la chimie, sont dues à la préoccupation de la pierre philosophale; celle de la parallaxe des étoiles, également heureuse dans ses effets, a produit à l'astronomie une grande découverte à laquelle on ne songeoit pas.

Samuel Molyneux, dans l'intention de vérifier la prétendue parallaxe des fixes, déterminée par Hook, & de remplir le vœu de Flamsteed, en examinant cette parallaxe avec un instrument plus grand que ceux qu'on avoit eus jusqu'alors, employa à cette recherche le magnifique sextant de 24 pieds de rayon, construit par Graham. Il s'associa le jeune Bradley, professeur à Oxford, & destiné à se faire un grand nom dans l'astronomie par deux découvertes mémorables. Ils commencerent ensemble leurs observations en 1725. Ces observations ne leur indiquerent point d'apparences favorables à la parallaxe des fixes, mais elles montrerent des différences qui ne pouvoient être des erreurs, & qui méritoient d'être suivies. Molyneux, forcé d'abandonner ce travail, le remit à Bradley & lui laissa une explication difficile & une occasion de gloire. Bradley étudia ces différences pendant trois années, il les trouva constantes; toujours dans le même sens elles croissoient, décroissoient dans certaines saisons, & se renouveloient avec l'année. Un astronôme se trouve heureux lorsqu'il découvre un nouveau phénomène; c'est une faveur du ciel, c'est une conquête sur la nature. Mais aujourd'hui que tant de causes sont connues, que Newton a pénétré & dévoilé tant de ressorts, cette connoissance des faits ne suffit pas à la curiosité de l'homme, elle ne marque pas assez le génie. Bradley, possesseur d'un fait inconnu de la nature, voulut l'expliquer avant d'en annoncer la découverte. Les apparences étoient contraires à l'effet de la parallaxe; il ne falloit donc point penser à cette cause. Il imagina quelque mouvement dans l'axe de la terre, ou quelque mutation annuelle dans la direction des graves, mais il vit que les observations ne pouvoient pas cadrer avec ces théories, parce qu'il faudroit une théorie particuliere pour chaque étoile. La circonstance que ces variations sont annuelles, dût l'éclairer

& le mettre ſur la voie de la vérité; il étoit naturel de ſoupçonner qu'elles tenoient à la révolution de la terre autour du ſoleil. Le trait de génie fut de penſer au mouvement progreſſif de la lumiere. Bradley imagina que ce mouvement pouvoit affecter annuellement le lieu des étoiles, comme il affectoit chaque année les tems des éclipſes des ſatellites de Jupiter.

§. XVII.

Si la vîteſſe de la lumiere étoit infinie, la lumiere parcourroit inſtantanément la diſtance des étoiles à la terre. Nous ne connoiſſons point cette diſtance, on ſait ſeulement qu'on peut la regarder comme infinie. Nous ignorons également le tems que la lumiere emploie à parcourir cet intervalle; mais la connoiſſance en eſt indifférente à l'aſtronomie : ſi l'on ſuppoſe la terre en repos, la diſtance aux étoiles reſtant toujours la même, qu'importe le tems que la lumiere met à le traverſer? Ses particules ſe ſuccedent en forme de rayons continus (*a*) & lorſque notre globe, en tournant ſur lui-même, permet à un point de la ſurface d'appercevoir une étoile placée à l'horizon, ce point ſe trouve à l'extrémité d'un de ces rayons; il eſt le terme d'une file de particules, & l'étoile eſt vue à l'autre extrémité : elle paroît ſe lever, & nous recevons ces particules de lumiere, ſans nous embarraſſer du tems de leur voyage, & ſans que les apparences en ſoient changées. Si on ſuppoſe, comme on doit le faire, la terre en mouvement autour du ſoleil, les phénomènes ne changent, les apparences ne varient qu'en raiſon de cette

(*a*) On peut calculer par exemple, d'après le réſultat de l'expérience d'Huygens, que ſi les étoiles n'étoient que 27664 fois plus loin que le ſoleil, la lumiere employeroit cinq mois à venir de là juſqu'à nous; comme elles ſont infiniment plus loin, ce tems eſt beaucoup plus long. Mais il faut conſidérer que les particules de lumiere ſe ſuccedent immédiatement; elles pleuvent continuellement ſur nous. Si le globe étoit immobile en recevant cette lumiere, nous verrions l'aſtre dans ſon vrai lieu, ſans que le tems du trajet des rayons en changeât l'apparence.

translation ; on ne doit tenir compte que de l'effet de ce mouvement dans l'orbite annuelle. Nous savons que la vîtesse de la lumiere n'est pas infinie ; la belle découverte que Roëmer a faite par les observations des satellites de Jupiter, prouve que cette lumiere emploie 16 minutes à parcourir le diametre de notre orbe. Cette vîtesse, quoique très-rapide, est comparable à la vîtesse de la terre dans sa révolution annuelle ; la lumiere se meut environ dix mille fois plus vîte que la terre, & voici ce qui en résulte. La distance des étoiles à la terre & au soleil est si grande, que notre orbe, vu des étoiles, ne paroît que comme un point ; il s'ensuit que deux rayons partis d'une même étoile, & dirigés aux deux extrémités de cet orbe, ne font pas un angle sensible. Cet angle seroit une parallaxe, & toutes les observations nous ont appris qu'elle est insensible. Il faut donc concevoir que tous les filets de particules, tous les rayons de lumiere, qui partis d'une même étoile, aboutissent dans l'espace de notre orbe, y tombent par des directions parallèles ; chaque point de cet espace immense voit l'étoile au même lieu. Cela est rigoureusement vrai pour chaque point immobile. Mais la terre est dans un autre cas, c'est un point mobile, elle marche tandis que la lumiere se meut ; il y a donc deux mouvemens, & si ces deux mouvemens, si leurs vîtesses peuvent être comparées, il doit en résulter un effet composé, suivant le principe incontestable de la composition des mouvemens. Supposons que des grains de grêle tombent par des directions perpendiculaires & parallèles d'un nuage élevé d'environ une demi-lieue, & que je puisse m'avancer de cent toises dans le tems qu'un de ces grains emploie à tomber ; il n'est pas difficile de sentir que l'impression de ce grain sur moi, lorsque je vais ainsi au-devant de lui, est différente de celle que j'aurois reçue d'un grain semblable,

mais en restant à ma place. Pour que dans mon repos j'en reçusse une pareille, il faudroit donner à ce grain, outre son mouvement de chûte, un mouvement vers moi, égal à celui que j'avois vers lui. Alors la grêle ne me paroîtroit plus tomber par une direction perpendiculaire, mais par une direction inclinée. Supposons encore, pour plus de clarté, que lorsque je marche au-devant de cette grêle, je porte sur mon œil un tube ouvert par son extrémité supérieure, & un peu incliné; chaque grain qui entrera dans le tube, glissera suivant son inclinaison, & viendra me frapper suivant cette direction. Si maintenant ces grains ne sont plus de la grêle, mais des particules de lumiere, je les recevrai également, suivant la direction de ce tube; je jugerai l'objet au bout de cette direction: & comme elle fait un petit angle avec la direction propre de la lumiere, je ne verrai point l'objet au lieu qu'il occupe réellement, je le verrai un peu écarté de ce lieu. Cet écart est l'aberration causée par la lumiere; c'est ce qu'on nomme l'*aberration des étoiles* (*a*). Mais on dira, pourquoi

---

(*a*) Si un corps (*fig.* 19) rombe suivant la direction EB, & que le plan A se meuve de A en B, dans un tems égal à celui que le corps E emploie à tomber de E en B, lorsque le plan arrivé de A en B, recevra l'impression du corps E, elle sera composée du mouvement du corps, E & du monvement du plan A; elle sera la même que si le plan A restant en sa place, on avoit imprimé au corps E un second mouvement dans la directinn EF ou BA pour aller vers le plan A. On sait qu'alors le corps E, mu de deux mouvemens, l'un vers F, & l'autre vers B, descendroit le long de la diagonale EA (*suprà*, Tom. I, p. 327;) c'est suivant cette direction qu'il arriveroir en A. Maintenant que le corps E soit celui d'une étoile, qui verse sa lumiere par des directions toujours paralleles à BE, EF tandis que la terre va au-devant de A en B; on peut supposer la terre immobile, & dnnner à la lumiere un second mouvement pour aller au-devant de la terre & vers F; alors la lumiere arrivera done suivant la direction AE: & comme nous jugeons toujours l'objet dans la direction droite du rayon de lumiere, nous verrons l'étoile suivant AE; mais la terre s'est réellement transportée de A en B, l'effet qu'elle y éprouve est le même; cet effet résulte des deux mouvemens. La terre verra done l'étoile suivant une direction inclinée, comme AE l'est sur AB, ou suivant une direction BD, parallele à AE, & elle la jugera au point D, tandis que l'étoile est réellement en E. L'angle EBD est l'aberration, la différence du lieu où l'étoile est vue, & du lieu réel où elle est.

avez-

avez-vous ſuppoſé que vous portiez un tuyau incliné ? Si la lumiere tombe verticalement, il falloit que votre tuyau fût vertical, vous auriez reçu la lumiere ſuivant ſa vraie direction, vous auriez vu l'objet dans ſon lieu réel. Auſſi n'aurions-nous pas incliné le tube, ſi la terre étoit immobile ; cette inclinaiſon eſt néceſſaire à cauſe du mouvement de la terre, qui allant au-devant de la lumiere, mêle l'effet d'un ſecond mouvement, d'une ſeconde direction à la ſenſation que nous en recevons : la direction réelle & primitive de la lumiere en eſt un peu altérée, la direction réſultante lui eſt un peu inclinée, c'eſt l'inclinaiſon du tube, c'eſt l'aberration de la lumiere. On ne peut rien imaginer de plus ingénieux, de plus profond, & en même tems de plus vrai que cette explication. Le premier pas de Bradley dans la carriere aſtronomique annonçoit une grande habileté dans l'art d'obſerver, pour démêler le phénomène & s'aſſurer de ſa quantité, & beaucoup de génie pour en appercevoir la vraie cauſe.

§. XVIII.

On voit que cette inclinaiſon de la direction changée de la lumiere avec ſa direction primitive, le déplacement des étoiles dépend du rapport du mouvement de la terre au mouvement de la lumiere. Si la terre étoit immobile, le lieu de ces étoiles ne feroit point changé. Si nous ſuppoſons enſuite que la terre ſe meut, mais très-lentement, il en réſultera un petit changement ; ce changement augmentera à proportion de ce que nous ſuppoſerons que la terre ſe meut plus vîte. La variation du lieu des étoiles, donnée par l'obſervation, nous indiquera donc le rapport de la vîteſſe de la terre dans ſa courſe annuelle, à la vîteſſe que la lumiere emploie pour parcourir les eſpaces du ciel ; & comme le mouvement de notre globe eſt

bien connu, nous connoîtrons la vîtesse de la lumiere (*a*). Cette détermination a déjà été faite par Roëmer, & nous pourrons comparer le résultat de ce second phénomène au résultat du premier.

Bradley, par des observations assidues & répétées pendant trois années sur les mêmes étoiles, s'assura que celles qui sont près de l'écliptique changent de lieu dans un intervalle de six mois, & subissent une variation de 40 ou 41 secondes (*b*). Leur latitude varie comme leur longitude, leur lieu apparent semble décrire une petite ellipse autour d'un point, qui est leur lieu réel. Elles s'en écartent donc d'environ 20 secondes ou 20 secondes & demie de part & d'autre. Cet effet s'augmente beaucoup, selon que les étoiles sont plus éloignées de l'écliptique, & plus voisines du pôle de ce cercle. Il n'est pas de notre objet de montrer ici toutes les transformations de cet effet général; elles sont aujourd'hui bien connues des astronômes, & ceux qui veulent s'en instruire à fond, doivent avoir recours aux élémens. Nous ne nous arrêterons qu'à cet écart de 20 secondes, qui est l'aberration dans sa pureté & dans sa simplicité. C'est donc cette quantité de 20 secondes, qui doit nous

(*a*) Comme on suppose que la terre emploie le même tems à aller de A en b, (*fig.* 40) que la lumiere à venir de E en B, la vîtesse du mouvement est représentée par les espaces (*suprà*, p. 666). On voit que l'inclinaison de la direction AE dépend de la grandeur des lignes AB & EB; de maniere que si la terre se mouvoit moins vîte & ne parcouroit qu'une partie de l'espace AB, dans le tems que la lumiere met à venir de E en B, la direction de la lumiere seroit DE. Cette inclinaison de AE ou DE sur AB, ou l'ouverture des angles AEB, DEB fait donc connoître le rapport de AB ou BD à DE; & ce rapport étant connu entre deux quantités telles que la vîtesse de la terre, & la vîtesse de la lumiere, on peut aisément calculer la seconde, puisque la vîtesse de la terre dans son orbite est toujours connue par les observations & par les Tables de son mouvement, ou du mouvement apparent du soleil.

(*b*) Manfredi ayant appris la découverte des étoiles, publia des observations qu'il avoit déjà faites conjointement avec monsieur Zanotti, & qui étoient conformes aux observations & à la théorie de Bradley. Ces deux astronômes confirmerent donc sa découverte.

donner le rapport de la vîteſſe de la lumiere à la vîteſſe de la terre. Un calcul trigonométrique, auſſi certain qu'il eſt ſimple, nous apprend que ce rapport eſt celui de 10313 à 1, c'eſt-à-dire, que la vîteſſe de la lumiere eſt dix mille trois cent treize fois plus grande que celle de la terre. Or nous voyons que la terre décrit ſon orbe en 365 jours & 6 heures; & en conſéquence du rapport ſuffiſamment connu de la circonférence d'un cercle à ſon rayon, nous ſavons que ſi la terre ſe mouvoit en ligne droite, avec la même vîteſſe qu'elle emploie à décrire ſon orbe, elle parcourroit un eſpace égal au rayon de cet orbe, ou à la diſtance du ſoleil à la terre en 59 jours & 11 heures 40 minutes. La lumiere qui ſe meut 10313 fois plus vîte, doit parcourir cet eſpace en 10313 fois moins de tems, c'eſt-à-dire, en 8 minutes 7 ſecondes. Voilà donc le tems que la lumiere emploie à parcourir le rayon de notre orbe, à venir, par exemple, du ſoleil à Nous. Roëmer avoit trouvé tout au plus 7 minutes; mais on ſent que la détermination nouvelle eſt bien plus préciſe; elle eſt fondée ſur un effet obſervé qui ne dépend que de la vîteſſe de la lumiere, comparée à la vîteſſe de la terre, au lieu que le retard des éclipſes des ſatellites de Jupiter, peut dépendre de pluſieurs cauſes. Ces ſatellites doivent avoir des inégalités, il y a des illuſions optiques qui s'y mêlent; c'eſt à travers cette complication que Roëmer apperçut l'effet de la progreſſion ſucceſſive de la lumiere dans les tems des éclipſes : mais ſi ces phénomènes furent ſuffiſans pour conſtater la néceſſité d'avoir égard à la ſucceſſion de la lumiere, ſon effet compliqué, altéré par d'autres effets, ne peut être évalué avec une grande préciſion. La différence d'une minute dans ces deux déterminations n'empêche donc pas qu'elles ne ſe confirment mutuellement de la maniere la plus ſatisfaiſante. Juſqu'à ce moment la vîteſſe inſtan-

tanée de la lumiere, supposée par Descartes, n'avoit contr'elle qu'un seul phénomène, le retard des éclipses des satellites de Jupiter, observé par Roëmer; mais ce monde de Jupiter est si lointain, il peut s'y passer cent choses que nous ne soupçonnons pas, il peut nous cacher des causes dont les effets nous trompent. Voilà ce que le scepticisme pouvoit opposer à la découverte ingénieuse de Roëmer. Bradley, en découvrant un nouveau phénomène, qui tient à la même cause, donna un second appui à l'hypothèse, ou pour mieux dire, il démontra que Roëmer avoit découvert une vérité; car les explications de phénomènes divers & indépendans, ne peuvent se réunir que dans la vérité & dans la nature.

Que l'on juge de la satisfaction d'un homme de génie, qui découvre un phénomène inconnu jusqu'à lui, un phénomène périodique & annuel, dont les variations se compliquent avec les apparences des choses; d'un homme qui annonçe une source d'illusions importantes à connoître pour l'exactitude des déterminations : jusqu'à lui le lieu des étoiles (a) a été mal connu, l'erreur sur ce lieu a influé sur toutes les observations. En même tems il a le génie d'en pénétrer la cause, & le bonheur de confirmer par cette cause une cause déjà connue, de lier ainsi un fait de la nature avec un autre. Mais ce n'est pas encore tout le bonheur de Bradley; ce n'est pas là toute l'importance de sa découverte; l'aberration des étoiles est une preuve directe du mouvement de la terre dans son orbite, & de la vérité du système de Copernic. Toutes les preuves, sur lesquelles nous avons établi l'opinion du mouvement de la terre, résultent de la simplicité de l'hypothèse, & contrastent avec la complication & l'absurdité de l'hypothèse contraire;

(a) Suprà T. I, p. 9.

ces probabilités sont puissantes par leur union. Les grandes découvertes de Newton, qui toutes reposent sur cette base, y ont mis le sceau de la vérité; elles ont porté jusqu'à l'évidence le système de Copernic, qui est le véritable système du monde. Mais cette évidence existe principalement pour les philosophes, pour ceux qui ont approfondi les sciences, qui sont en état de juger leurs témoignages. Il est des esprits qui veulent des preuves directes & sensibles; les probabilités les plus puissantes n'ont de force que pour l'homme qui en connoît le calcul, & qui a le génie de les apprécier. Bradley donna ces preuves demandées: Roëmer avoit déjà annoncé le mouvement de la lumiere; c'est ce mouvement combiné avec celui de la terre qui produit l'aberration des étoiles. Ces étoiles ne changeroient point de lieu dans l'année, si la terre étoit immobile; & ce mouvement qui les déplace, se distribue à toutes les étoiles, de maniere qu'il leur imprime à chacune des apparences & des variations différentes. Ces variations répétées par l'infinité des étoiles, s'accordent pour justifier la cause supposée. Ces milliers d'étoiles ne se concertent point pour nous abuser, elles sont évidemment assujetties à la cause apperçue par Bradley. Cette cause est réelle, la lumiere se meut, & la terre avec elle, pour produire l'aberration. L'arrangement des corps célestes, renouvelé par Copernic, n'est plus un système, c'est l'ordre de l'univers dans sa vérité.

§. XIX.

CETTE grande découverte termine glorieusement l'intervalle que nous nous sommes proposé de parcourir dans ce volume; une infinité de secours étoient préparés pour des progrès nouveaux. On avoit élevé des observatoires à

Leyde (*a*), à Nuremberg (*b*), à Berlin (*c*), à Bologne (*d*), à Altorf (*e*), à Cassel (*f*), à Lisbonne (*g*), à Petersbourg (*h*), à Utrecht (*i*). Les princes & les philosophes, frappés des progrès qui furent dûs aux Académies de France & d'Angleterre, associerent pour les mêmes travaux, des Sociétés savantes à ces compagnies célebres. Leibnitz, sous les auspices de l'Electeur de Brandebourg, fut en 1710 le fondateur de l'Académie de Berlin, destinée à devenir un des corps les plus éclairés de l'Europe, à s'illustrer par les noms d'Euler & de la Grange, & sur-tout par le philosophe couronné qui en est le protecteur. Un particulier, le comte Marsigli, a fondé, ou plutôt a fait revivre l'Académie des sciences établie à Bologne sa patrie, il lui donna une nouvelle forme, & un éclat qui a été durable sous le nom d'*Institut des sciences & des arts*. La Suede avoit une Société savante à Upsal (*k*). Enfin le Czar Pierre I, qui avoit bien saisi toutes les sources de gloire, & tous les moyens d'utilité, commença à Petersbourg une Académie soutenue & élevée par la protection des deux Impératrices qui lui ont succédé (*l*).

(*a*) En 1690, Weidler, p. 532.

(*b*) En 1692, *Ibid.*

(*c*) En 1710, *Ibid.* p. 575.

(*d*) En 1709, *Ibid.* p. 586.

(*e*) En 1713, *Ibid.* p. 587.

(*f*) M. de la Lande, *Astron.* Tom. I, p. XXXVII.

(*g*) En 1722, Weidler, p. 600.

(*h*) En 1725, *Ibid.* p. 602.

(*i*) En 1727, *Ibid.* p. 606.

(*k*) Elle en a une aujourd'hui à Stockolm, où un nombre d'hommes célebres se rassemblent, autour d'un Souverain digne de les inspirer.

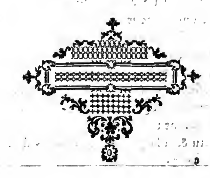
(*l*) Plusieurs astronômes que nous n'avons pu distinguer par des articles particuliers ont eu part cependant aux progrès, & ont contribué à élever nos connoissances. L'Allemagne eut Eimmart, Veigel, Kirch, Wurtzelbaur, déja cités plusieurs fois pour des observations astronomiques. Ce fut ce dernier, qui reconstruisit en 1692 un observatoire à Nuremberg, dans cette ville où Waltherus & Regiomontanus avoient fondé l'astronomie pratique, renouvelée par eux en Europe. Wurtzelbaur eut une conformité avec un astronôme célebre, avec Hévélius; il refusa, comme lui, l'usage des instrumens garnis de lunettes; il croyoit que la direction du rayon visuel y étoit moins sure que dans les alidades (*Weidler*, p. 569). La France eut Sedileau, Chazelles, Lieutaud; l'Italie Bianchini & Manfredi; l'Angleterre Keil & Whiston, dont le premier nous a laissé une introduction à l'Astronomie, où des élémens clairs & faciles de cette science,

Mais l'aſtronomie avoit fait de grandes pertes; Hévélius étoit mort en 1687, Huygens en 1685, Flamſteed en 1719, Newton, dont la vie fut longue comme ſa gloire, en 1722, âgé de quatre-vingt-cinq ans. Cette longue vie ne fut ſurpaſſée que par celle de Dominique Caſſini, qui étendit ſa carriere juſqu'à quatre-vingt-huit ans, & mourut en 1713. Le philoſophe, qui compare les faits amaſſés avant lui, pour en tirer de grands réſultats, a toujours aſſez de tems, pourvu qu'il ne ſoit pas venu trop tôt & qu'il ait aſſez de génie. Le moment de paroître fut favorable à Newton, & le génie ne lui manqua pas; auſſi vingt ans lui ſuffirent pour fonder une gloire éternelle. Mais ce n'eſt pas trop d'un ſiecle pour un aſtronôme curieux de connoître la nature céleſte, qui ſe meut & ſe développe ſi lentement. Ce ſeroit même infiniment peu, ſans la préciſion moderne qui compenſe le tems, qui ſaiſiſſant les petits effets de plus près & avec plus d'exactitude, peut en conclure les grands que la nature avoit réſervés pour des générations accumulées. Caſſini, dans ſes dernieres années, perdit la vue comme Galilée, mais il dût mourir content; ſa longue vie avoit été dignement employée à la vertu & à la gloire: les annales de la ſcience ſont

---

traduits en François par M. le Monnier. Le ſecond s'eſt diſtingué par une opinion ſinguliere. En remontant aux différentes apparitions préſumées de la comete de 1680, il en trouve une aſſez voiſine de l'époque aſſignée au déluge univerſel; & il penſe que les vapeurs de la queue de cette comete rencontrées par la terre, avoient été la cauſe de l'inondation générale: mais Newton a fait voir qu'il y a bien peu d'eau dans le volume dilaté de ces queues immenſes, & ſurtout trop peu pour un déluge. Enfin le Danemarck avoit Horrebow, qui obſerva conjointement avec Roëmer, dans l'eſpérance de découvrir la parallaxe annuelle des fixes. Roëmer & lui trouverent la parallaxe des fixes, & en particulier celle de la Lyre de 30". Horrebow, qui continua les obſervations après la mort de Roëmer, arrivée en 1710, publia un ouvrage intitulé *Copernicus triumphans*, où il a toujours cru avoir démontré le mouvement de la terre par la parallaxe des fixes. Nous n'avons point vu cet ouvrage, mais M. de la Lande à qui on peut s'en rapporter, juge que les obſervations étoient défectueuſes (*Aſtron.* art. 1779). Il eſt évident que cette parallaxe de 30 ſecondes ne peut être qu'une erreur d'obſervation, les aſtronômes modernes, M. de la Caille, qui a tant obſervé ces deux étoiles de la Lyre & de Syrius, auroient apperçu cette parallaxe qui ſeroit très-ſenſible.

pleines de son nom & de ses titres. Maraldi son neveu, lui survéquit & mourut en 1729. Halley, Bradley, Jacques Cassini & M. Delisle restent à l'époque où nous sommes, pour instruire les nouveaux astronômes, pour lier à cette génération signalée & respectable par tant de succès, la génération actuellement vivante, qui s'avançoit pour augmenter de ses idées & de ses travaux la masse de nos connoissances, & pour élever encore cet édifice auguste de l'astronomie, fondé par le tems & rendu inébranlable par le génie.



DISCOURS



DISCOURS

SUR LA NATURE

DES CORPS LUMINEUX ET DES CORPS OBSCURS

DE L'UNIVERS.

Il eſt un corps qui luit par lui-même, qui eſt la ſource de la lumiere & de la chaleur; il éclaire, il féconde, il vivifie tous les corps aſſemblés autour de lui. Ce vaſte corps, douze cent mille fois plus gros que celui qui nous fut donné pour demeure, eſt un foyer immenſe & inépuiſable de tous les biens qu'il verſe ſur nous. Le globe que nous habitons, les planetes qui, comme nous, ont ſubi l'aſſujettiſſement, qui partagent avec nous les biens diſpenſés par le Soleil, ſont des corps eſſentiellement obſcurs; ſans le Soleil, ils exiſteroient dans la nuit, ils ſeroient ſolitaires, mutuellement inconnus. C'eſt par la correſpondance de la lumiere qu'ils ſe manifeſtent; ils peuvent renvoyer la lumiere, mais pour donner, il faut qu'ils reçoivent : ils n'ont en eux rien d'actif pour porter au loin le ſigne de leur exiſtence. Le Soleil eſt unique dans notre ſyſtême des planetes, mais eſt-il unique dans l'univers? L'univers a-t-il d'autres Soleils deſtinés à répandre des biens ſemblables dans différens cantons de l'eſpace? Quelle eſt la nature de ces corps eſſentiellement

lumineux ? quels rapports ont-ils avec les corps obſcurs, qui ſont dans leur dépendance ? Il ſeroit intéreſſant de connoître les propriétés particulieres, les caracteres eſſentiels qui les diſtinguent ; & en même tems les propriétés communes qu'ils tiennent d'une matiere univerſelle, qui eſt ſans doute la baſe de la nature.

La ſolution complette & démontrée de ces queſtions importantes n'eſt peut-être pas au pouvoir de l'homme & du tems ! Nous avons pu diminuer la diſtance, mais non l'anéantir : & quand nous aurions cette puiſſance, les détails des choſes placées ſous nos yeux nous échappent encore. Mais tout ce qui exiſte appartient à une même nature ; ſes parties dépendantes ſe correſpondent d'un bout de l'univers à l'autre : la nature, en agiſſant, ſe manifeſte, la diſtance ne lui fait rien ; elle a des caracteres plus grands que cette diſtance ne peut anéantir. Ce ſont ces caracteres, ce ſont les faits recueillis de loin en loin dans différens ſiecles, que nous devons raſſembler; leur comparaiſon peut fournir des concluſions utiles : l'ordre que nous y mettrons eſt un titre de poſſeſſion, un moyen de jouiſſance ; & ce qui manquera aux ſolutions que nous cherchons, on l'attendra du tems.

C'eſt une choſe bien reconnue que dans notre ſyſtême le Soleil a ſeul la propriété de produire & de répandre la lumiere ; les planetes opaques ont ſeulement la faculté de la recevoir & de la renvoyer. Nous diſtinguons cette lumiere de réflet, parce qu'elle eſt foible & tranquille. Les ſurfaces réfléchiſſantes les plus proches de nous ne fatiguent point notre organe : le foyer de la lumiere, placé beaucoup plus loin, a un éclat qui nous fait baiſſer les yeux ; nous y reconnoiſſons une activité naturelle & énergique. Cette lumiere, en s'échappant par des rayons divergens, s'étend & ſe partage dans les eſpaces ; &

les miroirs du ciel ne nous la renvoyent que dans cet état d'affoibliſſement. Tels ſont les caracteres que la vue, aidée du téleſcope, a reconnus dans le Soleil & dans les ſeize planetes qui compoſent notre ſyſtême. Le ſoleil eſt ſeul de ſon eſpece, les ſeize autres corps ſemblables entr'eux ſont d'une eſpece différente. Voilà deux ordres de corps, les uns lumineux, les autres obſcurs; & une diviſion indiquée par la nature. Mais les points étincelans qui éclairent foiblement la nuit, les étoiles qui ſont ſemées avec profuſion ſur la voûte céleſte, appartiennent néceſſairement à l'un de ces deux ordres; il faut ou produire la lumiere, ou la recevoir. Tous les aſtres qui la reçoivent ou la réfléchiſſent ſont mobiles; ils ſont errans dans le ciel; c'eſt par cette raiſon qu'ils ont été nommés *planetes.* Les étoiles ſont fixes; elles reſtent conſtamment dans un point déterminé de l'eſpace, & ce caractere qui les diſtingue des planetes, les rapproche du Soleil qui eſt également immobile. La ſimple vue nous apprend que pluſieurs de ces étoiles ſont plus brillantes que quelques-unes des planetes; Sirius a ſans doute plus d'éclat que Saturne. Les téleſcopes, qui nous ont permis une inſpection plus attentive & plus détaillée, nous ont repréſenté les planetes ſous l'apparence d'un diſque enfermant une lumiere tranquille, qui naît de la réflexion; & les étoiles ſans diſque, toujours comme des points étincelans, ce qui indique leur éloignement. Cette lumiere encore étincelante, malgré la diſtance, malgré les eſpaces où elle s'eſt étendue & affoiblie, annonce par cette force conſervée un foyer puiſſant comme le Soleil, & une lumiere propre & native comme la ſienne. Nous ignorons quelle eſt la diſtance de ces étoiles, nous ſavons ſeulement qu'elle eſt inaſſignable & comme infinie. Les aſtronômes, après des efforts réitérés pour obtenir la petite parallaxe des étoiles, ſont convaincus que celle de Sirius, la

plus belle & sans doute la plus proche de ces étoiles, n'est pas d'une seconde. Nous la supposerons de deux pour ne rien forcer; il en résulte nécessairement que Sirius est cent mille fois plus éloigné de nous que le Soleil, & dix mille fois plus loin que Saturne. Il est certain que la lumiere s'affoiblit par le trajet & par l'éloignement; les planetes illuminées par le Soleil sont d'autant plus claires, d'autant plus brillantes qu'elles sont plus proches de lui & de nous: cet affoiblissement est déjà très-notable sur le disque de Saturne. Si donc la lumiere du Soleil étoit envoyée à Sirius comme à cette planete, elle y arriveroit affoiblie dans la raison du quarré des distances, & à un éloignement dix mille fois plus grand (*a*), elle seroit cent millions de fois plus foible. Il ne faut pas, à beaucoup près, un si grand intervalle pour la rendre insensible. Sirius nous seroit donc totalement inconnu; or cette étoile est visible, elle a plus d'éclat que Saturne même: Sirius luit donc à nos yeux par sa lumiere native; il ne tient rien du Soleil, & s'il se manifeste à nous, c'est par sa propre puissance. Il y a donc réellement des caracteres, qui peuvent être saisis malgré la distance des lieux; & ces deux ressemblances remarquables, celle de la fixité du Soleil & des étoiles, & celle d'une lumiere forte & propagée au loin, démontrent l'identité de ces corps essentiellement fixes & lumineux, jetés par milliers dans les espaces de l'univers.

Mais quel est relativement à notre Soleil, le volume de ces corps semblables à lui, & qui par la distance sont réduits à l'apparence de points étincelans? Nous ne pouvons connoître la grandeur des corps que lorsqu'elle est sensible & mesurable.

(*a*) Sirius étant cent mille, & Saturne environ dix fois plus éloigné de nous que le Soleil; Sirius en est dix mille fois plus loin.

Cette condition néceſſaire ne ſuffit même pas, il faut encore connoître leur diſtance, puiſque la grandeur apparente diminue par l'éloignement, & s'évanouit quand la diſtance eſt trop grande. Nous ne pouvons donc acquérir quelque notion du volume des étoiles, que par des ſuppoſitions qui nous procureront, ſinon une détermination, du moins une eſtime vraiſemblable. Nous pouvons reculer le Soleil par la penſée, & juger par ce qu'il deviendra, de ce que ſont les étoiles. Nous ſommes sûrs que leur diametre n'occupe pas dans le ciel une étendue qui ſurpaſſe une demi-ſeconde (*a*). Le Soleil en occupe 1920, ou 32 minutes; en le plaçant 3840 fois plus loin, ce diametre ne paroîtra plus que d'une demi-ſeconde, comme celui des étoiles. Cette demi-ſeconde répond ſur nos grands inſtrumens à un trois-centieme de ligne; & comme il faut cinquante cheveux pour couvrir une ligne, ou un douzieme de pouce, il s'enſuit qu'il faudroit alors répéter ſix fois l'étendue du diametre du Soleil, pour qu'elle répondît à celle d'un cheveu. Un Soleil ſix fois plus grand, mais ainſi éloigné, ſeroit entiérement éclipſé par un cheveu placé ſur le limbe de l'inſtrument. On a déjà peine à croire que ce point imperceptible de l'eſpace céleſte puiſſe avoir une lumiere ſenſible, & rayonner juſqu'à nous. Mais ce n'eſt pas tout, le défaut de parallaxe bien reconnu dans Sirius, nous a fait conclure qu'il étoit au moins cent mille fois plus loin que le Soleil; il eſt donc à une diſtance vingt-ſix fois plus grande que celle où nous avions placé le Soleil. Le diametre doit diminuer dans la même proportion, & notre Soleil, envoyé au lieu où eſt Sirius, auroit un diametre apparent, qui ne ſeroit pas la cent

(*a*) Si une étoile avoit un diametre de 1″ de degré dans le ciel, la lune ne l'éclipſeroit qu'en 2″ de têms, & toutes les obſervations conſtatent que l'éclipſe eſt inſtantanée.

cinquante-ſixieme partie de celui d'un cheveu ; & ſa lumiere ſeroit dix milliards de fois diminuée. Une étoile de la premiere grandeur nous paroît occuper environ cinq à ſix ſecondes, mais c'eſt l'effet de l'irradiation des corps lumineux en général, & de la ſcintillation particuliere aux étoiles. Cet effet eſt détruit dans les fortes lunettes ; il n'appartient point aux étoiles, elles ne ſont réellement que des points (*a*). Nous ne prétendons pas limiter la puiſſance de la nature ; nous ſavons que la lumiere a une élaſticité parfaite, une vîteſſe énorme qui ſuppoſe une force très-grande : la ſenſibilité de l'organe peut être telle que la vivacité preſque infinie de l'impreſſion compenſe ſon peu d'étendue. Mais l'imagination ſe refuſe à concevoir que ſi nous voulions meſurer le diametre d'une étoile dépouillée de toute irradiation, la cent cinquante-ſixieme partie de la largeur d'un cheveu, placé ſur le limbe d'un inſtrument de dix pieds, éclipſeroit l'étoile ! Chacun a ſa balance de comparaiſon ; on concevra ſi l'on veut que ce diametre, ce point imperceptible puiſſe être ſenſible ſur notre organe, puiſſe avoir l'éclat vif & la lumiere colorée des étoiles de la premiere grandeur : pour nous, nous avouons que nous ne le pouvons concevoir ; & que nous aimons mieux ſuppoſer qu'il eſt dans la nature des corps plus volumineux que le Soleil. Nous croirons que les étoiles, qui ſont aſſez éloignées pour n'avoir point de parallaxe, & qui cependant ont une lumiere vive & brillante, ſont d'un volume infiniment plus conſidérable que le ſien. Si elles lui étoient égales, elles nous ſeroient inconnues. Le ſoleil eſt diſproportionné par ſa grandeur, il peut l'être auſſi par ſa petiteſſe ; dans notre ſyſtême il eſt le maître des aſtres, il peut avoir ſes maîtres dans l'univers.

(*a*) *Suprà*, p. 812 & 70.

Ces raiſons, qui ſuffiroient pour nous décider, ſont encore appuyées d'une autre probabilité. M. Michell, Anglois, penſe que l'uſage de claſſer les étoiles & de les grouper en conſtellations, n'eſt pas tant de l'imagination des aſtronômes que de la nature. On voit d'aſſez grands eſpaces dans le ciel, où les plus forts téleſcopes ne découvrent aucune étoile, tandis qu'on en rencontre d'aſſez petits où beaucoup d'étoiles ſont unies & entaſſées. Les Pléïades, par exemple, ſont compoſées de ſix étoiles remarquables au milieu de pluſieurs autres ; elles ſont toutes entre la troiſieme & la ſixieme grandeur. Hypparque & Ptolémée ont compté dans le ciel 1022 étoiles viſibles à la vue ſimple, c'eſt-à-dite, de la ſixieme grandeur & au-deſſus ; mais comme ces anciens aſtronômes ne voyoient point à Alexandrie le ciel entier, comme il eſt poſſible qu'il leur ſoit échappé beaucoup de ces étoiles, M. Michell ſuppoſe qu'on en peut compter environ 1500 de cette eſpece. Il calcule enſuite par les probabilités, combien on peut parier que dans ce nombre d'étoiles, ſémées arbitrairement ſur la voûte céleſte, ſix de ces étoiles ſeront réunies dans un ſi petit eſpace, & il ne trouve que l'unité contre cinq cent mille. Il y a donc cinq cent mille contre un à parier que ſix étoiles n'ont point été ainſi ſerrées & diſpoſées par le haſard ; & cinq cent mille contre un qu'il exiſte une cauſe & une raiſon de cet aſſemblage. Cette probabilité eſt très-forte dans un monde où tout eſt réglé par des loix, où rien ne s'eſt fait ſans cauſe. Ces étoiles groupées forment donc un ſyſtême abſolument analogue à notre ſyſtême planétaire. Notre Soleil n'exiſte donc pas ſolitairement, & doit appartenir à quelque ſyſtême d'étoiles. M. Michell propoſe pluſieurs indices aſſez plauſibles pour diſtinguer les corps avec leſquels notre Soleil peut être lié ; il en exclud d'abord tous les amas d'étoiles, ce ſont des ſyſtêmes, des ſociétés

ſéparées. Les étoiles qui peuvent lui être aſſociées ſont ſans doute celles de la premiere & de la ſeconde grandeur ; 1°. parce qu'étant plus grandes, on peut légitimement ſuppoſer qu'elles ſont plus proches ; 2°. parce que pluſieurs d'entr'elles ont des mouvemens propres, & que la poſſibilité d'appercevoir ces mouvemens paroît tenir à leur proximité. M. Michell juge même que pluſieurs petites étoiles peuvent être de notre domaine ; ce ſont celles qui ne ſont pas accompagnées (*a*). Cette idée eſt conforme à la ſageſſe, à l'unité de la nature. Notre ſyſtême planétaire nous démontre qu'elle a uni & lié enſemble pluſieurs corps céleſtes ; elle a partout travaillé ſur le même plan, elle a fait des aſſociations dans le ciel, comme les hommes qui ſuivent ſes vues, en ont fait ſur la terre. Les chefs des petites ſociétés ſont eux-mêmes les membres de ſociétés plus grandes. Les étoiles grandes & petites qui compoſent notre ſyſtême particulier, ſont diſperſées, ſemblent iſolées, parce que nous les voyons de l'intérieur du ſyſtême.

Une conſéquence néceſſaire de cette idée eſt que ces différens ſyſtêmes d'étoiles doivent être aſſemblés, & ſe balancer mutuellement par une cauſe générale. Cet équilibre eſt la premiere loi de tout ce qui ſe conſerve : ſoit que ces amas de corps reſtent reſpectivement en repos comme des puiſſances égales, oppoſées, qui agiſſent par des leviers ; ſoit qu'ils participent à un mouvement général que nous ne pouvons appercevoir. Mais la cauſe qui aſſemble les étoiles, qui les forme & qui les contient en ſyſtême, ne peut être qu'une force prépondérante ; il n'y a point de ſociété ſans un lien, & ce lien, c'eſt un corps plus puiſſant qui maîtriſe les autres. Ces ſyſtêmes

(*a*) Tranſ. philoſ. année 1767, N°. 234.

eux-

eux-mêmes ne peuvent ſe balancer qu'autour d'un ſyſtême central, qui régiſſe tout en raiſon de la maſſe, formée ou par un nombre plus grand de corps, ou plus vraiſemblablement par un corps encore plus puiſſant. La ſubordination eſt dans tous les degrés : la nature n'eſt qu'une hiérarchie compoſée d'êtres dépendans ; une loi ſemblable fait que celui qui ſurpaſſe eſt lui-même ſurpaſſé. Voilà donc une échelle de grandeurs croiſſantes, où l'eſprit retrouve la nature telle qu'elle exiſte partout ſous ſes yeux. Nous voyons les lunes, les petits ſatellites accompagner ſervilement les planetes principales & plus groſſes : ces planetes ſuivent le Soleil, qui les domine par ſa maſſe ; il eſt lui-même enchaîné à un ſyſtême d'étoiles, auquel préſide une étoile plus grande, plus volumineuſe, qui à ſon tour le fait obéir, comme il fait obéir toutes les planetes ; & ces groſſes étoiles, qui régiſſent les étoiles plus petites ſont encore aſſemblées autour d'une étoile, qui les ſurpaſſe en grandeur & en force. L'imagination pourroit multiplier ces degrés, mais il ne nous eſt pas donné de les ſuivre ; ils pourroient n'exiſter réellement que dans notre imagination. Les ſyſtêmes d'étoiles ingénieuſement obſervés, la connoiſſance des loix néceſſaires à l'équilibre, nous font ſoupçonner deux ordres de grandeur au-delà du Soleil ; nous devons nous y arrêter. Les premiers aſtronômes n'ont pas jugé ce Soleil plus grand que la Lune ; ſi on leur eût dit que cet aſtre pouvoit contenir dans ſon volume ſoixante-dix millions de Lunes ſemblables, ſi on leur eût dit ſur tout qu'il étoit douze cent mille fois plus gros que la terre qu'ils ne pouvoient parcourir entiere, & qui leur paroiſſoit ſans bornes, ils auroient eu plus de peine à ſe figurer cette grandeur, que nous n'en aurons aujourd'hui à imaginer une maſſe peut-être un million de fois plus grande que la ſienne, & une autre maſſe encore un million de fois plus volumineuſe que celle-là,

Si nous voulons étudier la nature de ces aſtres lumineux, le plus proché de ces corps, le Soleil que nous avons, pour ainſi-dire, ſous la main, eſt celui que nous devons examiner ; mais nous n'examinons rien que par comparaiſon, nous ne pouvons obſerver que des conformités & des différences. Il faut donc comparer le Soleil à un autre objet, & cet objet ſera notre globe. Le Soleil eſt d'abord peſant comme lui, il eſt douze cent mille fois plus gros, il peſe trois cent mille fois plus; ſous un volume égal, il renfermeroit donc quatre fois moins de matiere. Mais la matiere ſe préſente à nous ſous deux formes principales, la ſolidité & la fluidité. La maſſe de notre globe eſt eſſentiellement ſolide ; & l'on peut demander ſi la maſſe du Soleil eſt dans un état ſemblable, ou ſi elle eſt dans un état de liquidité. Il paroît hardi de répondre à cette queſtion ; cependant l'aſtronomie & la phyſique ont des faits, qui peuvent conduire à une réponſe ſatisfaiſante. C'eſt la chaleur qui fait la liquidité ; les pierres les plus dures, les métaux les plus compacts, ſont transformés en liqueur par un feu actif : la terre auroit des fleuves de métal, ſi elle étoit animée d'une chaleur ſuffiſante ; & peut-être que les veines, les couches de métal que ſon ſein renferme ne ſont que des mers & des fleuves gelés & conſolidés. L'eau & le mercure, eſſentiellement fluides, ſe glacent lorſque la chaleur diminue, & à certain degré de froid. Si le froid produit la ſolidité, ſi la chaleur rend tout liquide ſur notre globe, nous pouvons juger de ſes effets dans le ſoleil qui en eſt la ſource, dans le foyer où elle réſide eſſentiellement. Les corps les plus durs fondent dans nos fourneaux, avec la chaleur médiocre dont nous pouvons diſpoſer ; il eſt évident que ſi ces corps étoient portés dans le Soleil, ils y fondroient inſtantanément, ou du moins dans un tems proportionné à leur maſſe. Il eſt donc naturel d'en conclure que toute

la matiere qui compose le Soleil doit être dans un état de fusion, ou parfaite, ou du moins commencée. Cette matiere paroît avoir une autre ressemblance avec les fluides; c'est l'évaporation. Le feu a une force expansive qui le porte à se répandre, & qui entraîne avec lui tout ce qui est atténué & rendu assez leger pour le suivre ; c'est la cause de l'évaporation. C'est ainsi sans doute que se sont formées les atmosphères. Les corps chauffés exhalent des fumées ; les chevelures, les queues des cometes, qui ne sont que des atmosphères tantôt également étendues autour du globe de la comete, tantôt dirigées en colonnes par une force expansive plus grande, ne se montrent que lorsque les cometes approchent du Soleil, & qu'elles éprouvent l'effet de la chaleur. Newton en a conclu avec raison que ces atmosphères, produites par la proximité du Soleil, n'étoient que des fumées ; & en généralisant cette idée, en voyant sur notre globe les émanations s'élever au-dessus de sa surface, & se proportionner toujours à l'intensité de la chaleur, on peut également conclure & des atmosphères subites des cometes & des fluides élevés passagerement sous nos yeux dans le grand fluide qui enveloppe la terre, que toutes les atmosphères sont primitivement émanées de leurs globes mêmes; nées du principe de la chaleur, elles ont une étendue proportionnée à l'activité de ce principe.

Dans l'examen que nous faisons des corps célestes, nous pouvons donc toujours regarder les atmosphères comme un symptôme de chaleur. Les deux états extrêmes de ces corps, les saisons opposées de leur température se retrouvent dans les cometes, qui ont leur été dans une petite partie de leur orbite, où violemment chauffées, elles subissent une évaporation abondante, elles s'entourent d'un amas de fluides & de vapeurs; reportées ensuite dans des régions lointaines, où la lumiere &

la chaleur ont peine à les ſuivre, les cometes ont un long hiver; les vapeurs retombent, & l'atmoſphere ſe rejoint à la maſſe dont elle étoit ſortie. Quand D. Caſſini n'auroit point découvert la lumiere zodiacale, quand il n'auroit point eu la conjecture heureuſe que cette lumiere étoit l'atmoſphère du Soleil, conjecture pleinement vérifiée dans les éclipſes de cet aſtre, où ſon atmoſphère devient viſible, nous aurions conclu du feu qui le compoſe, de la force expanſive de ce feu, de la chaleur au loin propagée, que cet aſtre doit fournir à une évaporation continuelle, & s'entourer d'une grande atmoſphère. Ces vapeurs élevées du Soleil ſont plus denſes dans les couches plus voiſines de ſa ſurface, c'eſt-à-dire, que le feu y eſt mêlé à plus de matieres hétérogènes. Ce feu s'épure en s'éloignant; tandis qu'il continue à s'élever par ſa force expanſive, les matieres groſſieres retombent par leur poids; il finit par s'élever ſeul, & lorſqu'il a recouvré ſa pureté primitive, il devient la lumiere, qui n'eſt que la ſuite & la partie la plus ſubtile de cette évaporation puiſſante.

On peut croire que la fumée des corps eſt d'autant moins obſcure, & même d'autant plus lumineuſe que la matiere du feu y eſt plus abondante. Les vapeurs, qui s'exhalent des acides fumans, tels que l'acide marin & l'acide nitreux, ſont ou blanches, ou colorées de rouge; elles tiennent indubitablement ces couleurs du phlogiſtique, qui modifie ces acides, & qui n'eſt lui-même que la matiere du feu & de la lumiere. Cette conſidération nous paroît propre à décider une queſtion propoſée ſur l'atmoſphère du Soleil. On demande ſi elle eſt lumineuſe par elle-même, ou ſi l'amas de ces molécules acquiert ſeulement aſſez de denſité pour nous renvoyer quelques rayons de l'aſtre qui en fait le centre. Il ſemble que dans ce centre, où le feu eſt ſi actif & ſi abondant, il doit s'élever en

grande quantité, & donner aux matieres qu'il entraîne le caractère lumineux qui lui appartient. On peut répondre à cette question, si M. de Mairan a bien expliqué la cause de la production des aurores boréales; ces aurores, suivant sa conjecture ingénieuse, sont dues à l'atmosphère solaire, étendue en fuseau au-delà de notre orbe : la terre la traverse & s'y plonge deux fois l'année; la matiere de cette atmosphère tombe dans notre air, s'y mêle, & continuellement chassée de zône en zône par la rotation diurne du globe, se réfugie aux deux pôles où elle s'amasse, & se montre sous la forme de couronnes & de jets colorés par le feu qui y domine. Si les aurores boréales conservent cette lumiere, lorsqu'elles sont transportées dans un monde étranger, lorsque toute communication est rompue avec la source qui les produit, on peut croire que près de cette source même, la matiere qui les compose a quelque lumiere & quelque couleur. L'anneau lumineux vu autour du Soleil, lorsqu'il est éclipsé, tient de trop près à cet astre pour ne point partager ses propriétés.

L'opinion la plus ancienne & la plus naturelle sur le soleil, est que cet astre est un globe de feu; mais d'un feu en action; d'un feu liquide semblable à la flamme ondoyante, qui entoure les corps combustibles, & qui se replie pour les embrasser & les dévorer. Lorsque le télescope inventé eut permis de considérer ce globe enflammé, on y apperçut des taches; ces taches sont noires, irréguliérement figurées. Cette couleur est l'indice de l'opacité, & d'une matiere aussi dense & aussi compacte, que la matiere du feu en action est rare & légere. Ces taches sont souvent environnées d'une ombre, d'une espece d'atmosphère blanchâtre; cette ombre se montre avant que la tache paroisse, elle reste après que la tache a disparu. Les taches sont en effet passagères; leur apparition n'a point de regle, elles naissent tout-à-coup sous

les yeux mêmes de l'obſervateur. Le premier Octobre 1688, le Soleil n'avoit point de taches à midi, deux heures après il en avoit qui étoient déjà toutes grandes & toutes formées. Elles devoient reparoître le 17 Octobre; on ne les vit pas; elles avoient donc diſparu ſubitement comme elles étoient nées. Derham a vu, pendant qu'il obſervoit, les taches changer de forme & d'obſcurité ſous ſes yeux; il les a vues quelquefois dans le même jour s'affoiblir, ſembler prêtes à s'éteindre, & reparoître de nouveau. Souvent ces taches ne ſe laiſſent voir que pendant quelques jours, & ſouvent pendant des mois entiers. La premiere opinion fut que ces taches étoient une dépuration du feu, une écume que la matiere bouillante jetoit à ſa ſurface. Le haſard, la bizarrerie de ces apparitions pouvoient favoriſer ce ſoupçon; mais comme ces taches diſparoiſſoient, & qu'on étoit embarraſſé de la matiere qui les produit, on ſuppoſoit que cette matiere étoit diſſipée dans l'éther, ou repompée par l'obſervation de la maſſe, ce qui eſt bien peu naturel. On crût même remarquer quelque mouvement propre dans ces taches, mouvement qui ſe compoſoit avec celui de la rotation du Soleil. On dit que ces écumes flottoient ſur le fluide; & on les compara aux nuages qui nagent dans l'air, & qui ſont en effet les écumes de la terre. Les faits réunis & bien étudiés ſemblent rejeter cette explication; elle eſt d'ailleurs détruite par un autre fait bien conſtaté. On a vu pluſieurs fois des taches ſemblables, après une longue diſparition, reparoître au même lieu ſur le diſque du Soleil. Il eſt naturel d'en conclure que ce ſont pluſieurs apparitions d'une même tache. D. Caſſini en revit une en 1702, qu'il avoit déjà obſervée en 1695 (a). Il en avoit obſervé une autre en 1686, qu'il retrouva

(a) Mém. Acad des Scien. année 1702, p. 140.

dans les descriptions du P. Scheiner, & qui avoit été observée par lui en 1625, 61 ans auparavant. Ces retours d'apparitions au même lieu, après des intervalles différens, détruisent absolument l'idée d'une matiere qui s'évapore. Une dépuration, opérée au milieu d'une si grande agitation, ne semble point compatible avec ces retours; il faut une explication qui rende à la fois raison & de la singularité de ces retours, qui tient à une sorte de constance, & de la bizarrerie habituelle de ces taches, tant par le lieu où elles se montrent que pour leur forme inégale & changeante, leur couleur plus ou moins foncée, leur durée plus ou moins longue. La Hire eut une idée ingénieuse, qui paroît la plus naturelle & la plus vraie. Selon lui, les taches obscures, & quelquefois tout à fait noires, appartiennent à une masse solide, dont elles ne sont que les éminences. Cette masse est de toutes parts enveloppée, baignée, brûlée par le fluide du feu & de la lumiere : la masse nage dans le fluide, & lorsqu'elle s'éleve, elle montre ses éminences que nous prenons pour des taches; lorsque la masse s'enfonce, les taches & les éminences disparoissent. La tache est noire, lorsque l'éminence est entiérement dépouillée du fluide igné; elle n'est qu'obscure, lorsque l'éminence est recouverte d'une couche légere & transparente. Enfin les taches, avant de se montrer, & après avoir disparu, laissent cette apparence désignée sous le nom d'ombre, & qui n'est que l'opacité de la masse solide apperçue à travers une couche plus épaisse du fluide. On a remarqué que les taches ne paroissent point en même tems dans les parties opposées du Soleil; elles sont le plus souvent assez voisines. Cette oscillation annonce un fluide qui abandonne une partie pour se jeter sur une autre; & tous les phénomènes réunis indiquent une masse solide & opâque, livrée à l'action de ce fluide destructeur, qui en a lui-même formé la

figure irréguliere. Les excavations, qui sont son ouvrage, ont produit les éminences; & ces éminences que nous avons prises pour des taches, sont les preuves de son activité puissante. L'agitation extrême de ce fluide, qui est le principe de tous les autres fluides, est la cause des bizarreries observées. Tantôt il abandonne & laisse à nud ces éminences, tantôt il laisse appercevoir leur obscurité à travers un voile de lumiere, puis il revient couvrir les unes, en en laissant reparoître d'autres. Cette agitation, dont les loix sont incalculables, est une source féconde des bizarreries apparentes; mais elle n'empêche pas que lorsque cette espece de hasard retire le fluide de la même éminence, une tache vue 61 ans auparavant, ne se montre au même lieu & avec les mêmes caractères. Si les taches sont mobiles, c'est par le mouvement du fluide qui les couvre, ou qui les abandonne; si elles semblent s'approcher ou s'éloigner, c'est l'effet du fluide interposé dans le vallon évasé qui les sépare. S'il n'y avoit point de fluide dans ce vallon, les deux éminences ne formeroient qu'une tache continue : elles se séparent, on voit deux taches lorsque le fluide s'interpose; & lorsqu'il s'éleve, en s'accumulant, la plaine s'aggrandit, & les taches paroissent reculer & se fuir On ne peut rien desirer de plus satisfaisant que cette explication; mais elle porte encore sur un principe incontestable de physique; sur un fait toujours observé. C'est que le feu ne se manifeste que lorsqu'il brûle & qu'il dévore; il se dissipe lorsqu'il n'a plus d'aliment. Le Soleil n'existe donc point sans un aliment combustible qui nourrisse, qui occupe ce feu, pour l'empêcher de se dissiper. L'opinion, qui regarde les taches du Soleil comme une écume, a la même base que l'explication de la Hire, elle suppose également une matiere hétérogène, mêlée au fluide igné : il n'y auroit point de dépuration sans cette hétérogénéité.

Une

Une preuve d'un grand poids ajoute encore aux conclusions que nous venons de tirer des taches apparentes du Soleil. Cet astre pese trois cent mille fois plus que la terre, sous un volume douze cent mille fois plus grand ; sa matiere n'est donc que quatre fois moins dense que la matiere solide & dure de notre globe. Nous ignorons quel peut être le poids de la matiere du feu, lorsqu'il est condensé & fixé dans les corps, lorsqu'il entre avec les autres élémens dans la composition de ces corps ; mais il est évident que le feu solaire n'est point dans cet état d'esclavage & de fixité. Tout nous annonce qu'il est libre, & nous en jugeons par la puissance qu'il tient de cette liberté. Or le feu libre, tel qu'il est sous nos yeux, se caractérise par une flamme légere, volatile, qui a beaucoup de volume, peu de masse & de poids sensible. Le feu libre est sans doute le plus léger de tous les fluides ; or comment pourroit-il se faire, si ce feu libre constituoit seul la masse du Soleil, que cet amas de matiere ne fût que quatre fois plus léger que la masse entiérement solide de norre globe. Cette difficulté est facilement résolue dans l'hypothèse de la Hire. On conçoit que le fluide le plus léger, baignant une masse solide, peut dans les effets qui résultent de leur union, nous manifester une densité moyenne, une densité plus foible que celle de la masse, infiniment plus forte que celle du fluide. Tout nous indique que le Soleil est dans un état de combustion : son globe est formé d'un amas de matieres solides & dures ; c'est un grand incendie dont la chaleur se répand au loin, & dont la lueur éclatante illumine une vaste sphère.

Voilà donc ce que sont les étoiles que nous avons reconnues semblables au Soleil ; ce sont des corps immenses en combustion ; ce sont de grands incendies, séparés par des distances énormes, & qui subsistent à l'écart, chacun dans un coin de l'univers.

Un incendie qui détruit, finit avec la destruction; tout ce qui a besoin d'aliment périt, si l'aliment ne se renouvelle pas: ces amas de feu peuvent donc se dissiper, lorsqu'ils n'auront plus rien à consumer. Newton a pensé que les cometes étoient destinées à tomber un jour dans le Soleil, pour lui porter une nourriture nouvelle; ce secours peut être un moyen de conservation, il en peut naître une prolongation de durée. Mais les secours s'épuisent; en les concevant, nous sentons qu'ils doivent finir; on a beau reculer le terme des choses de la nature, on le voit toujours dans le lointain. Sans s'effrayer de la perte possible, mais infiniment éloignée du Soleil, on peut être curieux de savoir à quel terme il est de sa durée, & combien il peut vivre encore. Si nous voulons nous instruire de cette destinée du Soleil, nous avons besoin de consulter les étoiles, elles sont en grand nombre, on peut croire qu'elles sont de différens âges. Il est sans doute une probabilité pour les astres comme pour les hommes. Un nombre d'observations, répétées sur une foule d'individus peut apprendre & les accidens qui appartiennent à l'espece, & l'espérance d'exister que l'âge laisse à chaque individu. Les observations ne sont pas assez nombreuses pour fonder des regles certaines, mais on peut commencer à employer les faits, & prévoir quelqu'un des résultats qu'on pourra établir un jour.

Hypparque observa le premier fait de ce genre, il apperçut une nouvelle étoile; un feu nouveau s'alluma devant lui dans le ciel; c'étoit un incendie qui commençoit. Nous concevons mieux la destruction que la naissance des choses. On sent d'abord qu'un Soleil peut s'éteindre, on a peine à se figurer comment il peut s'allumer; on ne peut dire où étoient renfermés les feux qui brûlent une masse tout-à-coup embrasée: mais il ne nous est pas permis de tout expliquer; ce n'est pas à nous de disputer

à Dieu ses moyens, ni de contester un fait à la nature. Depuis Hypparque, dans les siecles où les sciences furent peu cultivées, on a le souvenir incertain de quelques étoiles qui ont brillé tout-à-coup. Mais le phénomène de ces apparitions inattendues fut pleinement constaté par Tycho, lorsqu'il découvrit la nouvelle étoile de 1572 (a). Le commencement du dix-septieme siecle fut marqué par l'apparition de trois nouvelles étoiles (b). Les astronômes, devenus plus attentifs, ne comptant plus sur la constance des étoiles, ont reconnu ou soupçonné d'autres phénomènes semblables. Il est donc bien certain que des étoiles nouvelles ont paru, des feux inconnus se sont allumés dans le ciel. Ce premier phénomène a été suivi d'un second plus extraordinaire, c'est celui de la disparition de ces étoiles, perdues presque aussi-tôt qu'elles ont été découvertes. Comment un embrasement assez considérable pour donner à ces étoiles nouvelles un très-grand éclat, s'est-il déclaré si promptement, & a-t-il cessé en si peu de tems? L'étoile apperçue par David Fabricius en 1596 au col de la Baleine, en compliquant un troisieme phénomène avec les deux premiers, vint offrir de nouvelles difficultés, & donner naissance à d'autres questions. Cette étoile, après s'être montrée, & avoir disparu, reparut de nouveau; elle se cacha, se montra alternativement aux yeux des astronômes étonnés: enfin Bouilland démêla que ces variations étoient régulieres, & que l'étoile revenoit à son plus grand éclat après 333 jours écoulés. Le Cygne, qui est une constellation de la voie lactée, renouvela ce spectacle, & multiplia les exemples du phénomène. Cette constellation seule renferme trois de ces étoiles qu'on est convenu de nommer *Changeantes*. Nous ne parlerons point des

---

(a) *Suprà*. p. 381

(b) Cassini, *Elém. d'Astr.* p. 63 & suiv.

deux qui ont paru plufieurs fois, mais dont la période n'eft pas bien connue ; la troifieme a été fuivie par Caffini, Maraldi, & récemment par M. le Gentil ; fa période eft de 405 jours. Le phénomène de la conftellation de la Baleine n'eft donc pas unique ; voilà deux aftres nouveaux, affujettis à des révolutions périodiques. Que des feux s'allument pour durer dans ces efpaces infinis, qu'ils s'éteignent pour ne jamais reparoître, nous attribuerons ces accidens d'une nature éloignée à des caufes inconnues, inacceffibles, & au hafard qui renferme toutes ces caufes. Mais dès qu'un phénomène eft périodique, la regle qu'il fuit peut nous donner prife fur la caufe. Jadis on ne croyoit pas que le ciel pût changer, il étoit incapable de génération & de corruption, c'étoit la doctrine d'Ariftote. Le P. Riccioli, fidelle à cette doctrine, conduit par ce préjugé, & faififfant l'idée antique de Berofe, que la Lune avoit un hémifphère obfcur & un hémifphère lumineux pour produire fes phafes, donna également deux femblables hémifphères aux étoiles. Les vues humaines ne font des erreurs que par leur application ; cette hypothèfe étoit fauffe quant à la Lune, elle fera peut-être vraie quant aux étoiles. Bouillaud completta cette idée & cette explication, en y ajoutant une rotation périodique, qui fait fuccéder réguliérement les tems d'obfcurité aux tems de lumiere. Nous avons donc conçu que les étoiles pouvoient tourner fur leur axe ; & cette fuppofition eft d'autant plus admiffible, que fans parler de la Terre, de Jupiter, de Mars & de Vénus, notre Soleil, qui eft de la même efpece que ces étoiles, tourne fur fon centre & autour de lui-même. M. de Maupertuis alla plus loin par une penfée ingénieufe ; en réfléchiffant fur la force centrifuge, qui aplatit les globes, il imagina que cette force infiniment augmentée par une rotation très-rapide, pourroit donner à ces globes la

forme d'une meule, & une apparence pareille à celle de l'anneau de Saturne. Si le plan de leur équateur est perpendiculaire au rayon visuel, nous le verrons comme si leur figure étoit sphérique; la lumiere de ces étoiles diminuera, si le plan de cet équateur s'incline; enfin ces étoiles disparoîtront comme l'anneau de Saturne, si ce plan suit la direction du rayon visuel, & si nous ne voyons la meule que par le tranchant. Il ne s'agit plus que d'expliquer le changement de position de cet équateur. M. de Maupertuis suppose avec tous les astronômes que des planetes circulent autour de ces Soleils; & il ajoute qu'il y en a peut-être quelqu'une dont l'orbe est assez excentrique pour la faire passer très-près de son Soleil, & dont la masse est assez considérable pour le déplacer : d'où il résulte un changement dans la position de ce Soleil à notre égard. Une étoile ainsi aplatie, qui nous présentoit son disque lumineux, ne nous exposera plus que son épaisseur, son tranchant, & elle disparoîtra; ou bien une étoile présentant son disque au lieu de son épaisseur, deviendra visible. Ces changemens étant produits par des planetes qui ont des révolutions, seront nécessairement périodiques. Les alternatives d'augmentation ou de diminution de lumiere, qui sont régulieres & fréquentes, telles que celles des étoiles du Cygne & de la Baleine, seront dues à des planetes dont les révolutions sont assez courtes; les alternatives des étoiles qui ont disparu sans reparoître, ou qui paroissent constamment, après s'être montrées, ne seront produites que par des planetes à longues révolutions, dont les effets n'ont pas été observés, & seront dévoilés par le tems (*a*).

Quelque ingénieuse que soit cette explication, nous avouons qu'elle ne nous satisfait pas. L'étoile apperçue par Tycho en

(*a*) M. de Maupertuis, *Discours sur la figure des astres*, p. 117.

1572 ſupaſſoit les étoiles de la premiere grandeur, elle ſurpaſſoit même Jupiter en éclat, on la vit diminuer ſucceſſivement, au mois de Février 1574, elle n'étoit plus qu'une étoile de la ſixieme grandeur, elle diſparut enfin. Ces apparences comparées indiquent une grande différence entre l'étendue de la ſurface lumineuſe, dans le commencement de l'étoile, & l'étendue de la ſurface également lumineuſe qu'elle nous préſentoit au moment de ſa diſparition. C'étoit alors l'épaiſſeur de la meule; mais il faut que cette épaiſſeur ſoit bien petite en comparaiſon de la largeur, pour que cette largeur produiſant un éclat ſi vif, l'épaiſſeur ne nous envoye qu'une lumiere inſenſible, comme le tranchant de l'anneau de Saturne lorſqu'il diſparoît. Il faut donc que le globe de l'étoile ſoit infiniment aplati; & ce ne feroit pas trop pour répondre aux apparences, de ſuppoſer que l'épaiſſeur de la meule n'eſt que la dixieme partie de ſa largeur. Cet aplatiſſement énorme demande que la force centrifuge à l'équateur ſurpaſſe les deux tiers de la peſanteur (*a*). Notre Soleil qui tourne ſur lui-même en vingt-cinq jours & demi, a une force centrifuge, qui n'eſt que la cinquante millieme partie de la peſanteur; & pour que notre Soleil eût une force centrifuge, qui fût plus que les deux tiers de la peſanteur, il faudroit qu'il tournât en 3 heures 18 minutes. Cette marche feroit bien rapide pour un globe ſi vaſte! L'exemple de Jupiter nous apprend, il eſt vrai, qu'un globe mille fois plus gros que la Terre, peut tourner une fois & demie plus vîte qu'elle. Mais le Soleil employe 25 jours & demi dans ſa rotation; quelle apparence qu'une étoile, qui lui eſt au moins égale en volume, qui eſt peut-être même beaucoup plus groſſe, d'après les conſidérations ci-deſſus

(*a*) Il faudroit qu'elle fût à la peſanteur comme 36 à 50.

expoſées, ait une révolution ſi courte? La différence eſt grande de 25 jours & demi à trois heures; & ſoit que l'exemple des choſes de notre ſyſtême nous ſéduiſe, ſoit qu'en effet la nature connue n'autoriſe pas ces différences dans des êtres de même eſpece, nous avons peine à nous figurer cette maſſe énorme, tournant ſur ſon centre avec tant de rapidité! Mais en admettant cette rotation de trois heures, & peut-être moins, l'hypothèſe a encore beſoin d'un autre ſecours, il faut une groſſe planete qui circule autour de ce Soleil, pour faire varier le plan de ſon équateur. L'étoile du col de la Baleine, dont les variations ſe renouvellent dans une période de 333 jours, a donc une planete qui fait ſa révolution autour d'elle dans cet intervalle de tems. Comme nous ne pouvons raiſonner ſur le monde éloigné que par analogie, comme la nature n'eſt connue que par les exemples, nous dirons que dans notre ſyſtême les groſſes planetes ſont le plus loin du Soleil; & ce ſont elles qui ont les révolutions les plus longues. Si ce n'eſt pas une loi néceſſaire, c'eſt un fait d'obſervation particuliere. Il ne ſuffit pas que cette planete ait une grande maſſe, il faut encore qu'elle paſſe très-près de l'étoile, & par conſéquent qu'elle ait une orbite fort excentrique; c'eſt donc une comete, & ſi nous en jugeons par les nôtres, ces aſtres excentriques doivent avoir une marche plus lente que les corps qui ſuivent des courbes moins alongées & plus approchantes du cercle. On ne concoit donc pas une comete dont la période ne ſeroit que de 333 jours. Mais toutes ces choſes mêmes admiſes, comment ſe figurer une maſſe aſſez puiſſante pour maîtriſer ainſi un Soleil qui eſt toujours le centre & le principe du mouvement, pour renverſer ſon globe, & lui faire faire en peu de tems & périodiquement un quart de tour ſur lui-même? Jupiter placé à la diſtance de Mercure, n'auroit pas ſans doute ce pouvoir ſur

notre Soleil. Quelle maſſe faut-il donc y ſuppoſer? La ſubordination, les degrés de force qui regnent dans notre monde, doivent nous éclairer ſur les autres mondes, tout eſt également nuancé partout; celui qui commande eſt toujours diſtingué de celui qui obéit; il en eſt ſéparé par un grand intervalle; cet aſcendant naît d'une grande différence de pouvoir & de force. Une planete preſque auſſi groſſe qu'un Soleil, capable de le balancer, & même de le faire ainſi pirouetter, nous paroît un monſtre dans la nature. Si cette nature s'écarte quelquefois de ſes loix ordinaires, ſi elle a des productions giganteſques qui nous étonnent, nous ne devons pas les imaginer ſans néceſſité, il faut que les faits obſervés ne permettent pas d'autre explication.

Dans les connoiſſances que nous avons ſur les étoiles, nous trouverons aſſez de faits pour expliquer les phénomènes d'une maniere vraiſemblable, & avec plus de ſimplicité. Une étoile eſt un feu allumé; c'eſt le fluide du feu attaché à une maſſe de matiere ſolide, & s'occupant à la dévorer. On conçoit que cet incendie peut commencer & finir: des étoiles nouvelles peuvent donc paroître, & continuer à ſubſiſter; des étoiles connues peuvent ſe perdre pour jamais. Lorſque ces alternatives ſont périodiques, comme dans les étoiles du Cygne & de la Baleine, ce n'eſt pas que l'incendie finiſſe & recommence: nous ne ſuppoſons pas que des cometes tombent dans les ſoleils pour renouveler leurs feux, qui languiſſent enſuite en attendant une nouvelle comete; l'univers n'en auroit ſans doute pas aſſez pour ſuffire à cette dépenſe répétée tous les 333 jours. Mais l'étendue, la grandeur d'un incendie eſt proportionnée à la quantité de la matiere du feu; ſi cette matiere eſt fort abondante, elle enveloppera, baignera tout: on ne verra qu'elle, & ſeulement comme elle eſt agitée, la maſſe ſolide qu'elle brûle aura

aura quelquefois ses éminences découvertes, qui se montreront à nous sous l'apparence de taches. Mais lorsque la matiere du feu aura long-tems travaillé cette masse, en aura pénétré le centre, divisé une partie en poussiere impalpable; cette poussiere s'unira aux molécules fluides du feu, des composés se formeront, & la quantité de feu libre diminuera. Le feu ne pouvant plus embrasser la masse entiere, se restreindra dans des limites plus étroites; le Soleil ne sera incendié qu'en partie, il aura une portion lumineuse & une portion obscure. Le tems, qui ramene ces variations & ces apparences semblables, sera le tems de sa rotation. L'étoile de la Baleine tourne donc sur elle-même en 333 jours, celle du Cygne en 405 jours. Cette conclusion hypothétique se lie avec une autre que nous avons déjà proposée. Il nous paroît naturel d'admette des étoiles plus volumineuses que notre Soleil, il ne tourne qu'en 25 jours. Cet astre plus grave, plus lourd que toutes nos planetes, se remue & se meut plus lentement qu'elles : une masse plus grave doit avoir des mouvemens encore plus lents; & on conçoit que ces Soleils aggrandis peuvent n'accomplir leur rotation qu'en 333 & en 405 jours. L'étoile de la Baleine est ordinairement invisible pendant 120 jours; on peut en conclure qu'elle a environ un tiers de son disque qui n'est pas enflammé. Mais l'avantage de cette explication simple, c'est qu'elle rend une raison satisfaisante de l'inégalité des apparitions, tant pour l'éclat que pour la durée. Tantôt cette étoile de la Baleine brille pendant quatre mois, & tantôt pendant trois seulement; tantôt elle égale les étoiles de la seconde grandeur, tantôt elle atteint à peine la troisieme. L'agitation, l'extension inégale du fluide peut être la cause de ces apparences différentes. Quand le fluide est moins étendu, plus ramassé en lui-même, l'étoile a plus d'éclat; quand il

augmente son domaine par des excursions sur le disque, l'étoile est plus long-tems visible (*a*). Enfin Hévélius assure qu'elle a été quatre ans sans paroître, & l'on peut encore rendre compte de ce phénomène bizarre. Il n'est pas nécessaire que l'étoile, pour disparoître, nous présente un disque entiérement éteint & obscur, il suffit que l'étendue de l'inflammation soit assez bornée, la quantité du fluide assez diminuée, pour ne nous plus envoyer une suffisante quantité de lumiere sensible. Or ce feu a formé des excavations dans la masse; & dans son extrême agitation, il est naturel qu'il s'insinue dans les cavités, pour y poursuivre la destruction. La quantité diminue à l'extérieur, & l'étoile perd son éclat; elle devient invisible même si la matiere du feu est absorbée en grande quantité. Lorsque la croûte qui recouvre ces gouffres se fend & s'écroule, la matiere du feu se retrouve à la surface, & l'étoile reparoît après un long intervalle. Les étoiles qui ont des alternatives assez régulieres d'apparitions & de disparitions sont donc des Soleils en partie éteints; l'incendie depuis long-tems commencé marche vers sa fin; ce sont des Soleils plus âgés. Le nôtre, dont la plénitude est occupée par un feu très-actif, est encore dans sa jeunesse, & nous assure la longue conservation d'un luminaire & d'une source de chaleur dont nous ne pouvons nous passer.

Si l'infinité du nombre des étoiles ne se refusoit pas à un examen long-tems continué sur chacune, le phénomène des étoiles qui disparoissent réguliérement seroit peut-être plus fréquent. Peut-être aussi que le monde en vieillissant, les incendies s'affoiblissant par leurs ravages, plusieurs étoiles

(*a*) On a remarqué, comme il étoit assez naturel de l'imaginer, que lorsque l'étoile avoit plus d'éclat, elle étoit plus long-tems visible (*Mém. Acad. Scien. 1719, p. 94*).

deviendront en partie lumineuſes & en partie obſcures; leur rotation ſe découvrira par leurs alternatives, & leur âge ſera manifeſté. Mais ces changemens dans un monde durable ne peuvent être que très-lents. Des milliers de ſiecles qui ſont ſi longs pour des êtres éphémères comme nous, ſont ſi peu de choſe pour des ſoleils, qui ont une vie éminemment active. Cependant quelques indices peuvent nous annoncer encore l'état actuel de ces incendies, & nous en faire prévoir les changemens. M. Michell a remarqué que ceux de nos feux qui ſont les plus actifs ont une lumiere blanche; & il incline à penſer que les étoiles ſans couleur ſont celles qui ont réellement plus d'éclat, & dont la lumiere a plus de force (*a*). L'étoile blanche de la Lyre eſt donc un incendie dans ſa plus grande activité, le Cœur du Scorpion, l'Œil du Taureau, qui ont une couleur rouge; Sirius & Arcturus, dans leſquels on remarque les couleurs de l'iris (*b*), ſont des feux qui ont déjà perdu, & qui depuis long-tems ont commencé à diminuer (*c*). Si ces apparences de couleurs varient en différens tems, c'eſt peut-être que ces étoiles ayant, comme les autres, un mouvement de rotation, nous expoſent ſucceſſivement différentes parties & différens accidens de leurs ſurfaces. Mais nous conſidérerons ſous un autre point de vue la production des couleurs dans la lumiere des étoiles. Il eſt évident que c'eſt un phénomène particulier & propre à ces étoiles, puiſque toutes n'en ont pas. Si on obſerve la flamme d'un corps qui brûle, on verra que les couleurs de cette flamme réſident autour du corps; lorſque la flamme s'élargit ou s'alonge, ſes bords ſont clairs, ſa pointe eſt blanche comme la lumiere, c'eſt un feu pur. S'il ſe colore

(*a*) Tranſ. phil. 1767, N°. 234.
(*b*) Képler, *Aſtr. opt. p.* 261.
(*c*) Ces couleurs exiſtoient déjà du tems de Ptolémée.

autour des corps qu'il brûle, on peut croire que c'est par le mélange des parties qu'il sépare & qu'il entraîne. Les chimistes les plus habiles & les plus sages sont convaincus que la substance qu'ils nomment *phlogistique* est dans les corps le principe des couleurs ; ils regardent le phlogistique comme la lumiere même fixée dans les corps, & devenant un de leurs élémens (a). C'est donc cette union intime, cette alliance du feu ou de la lumiere avec la matiere fixe, qui fait paroître les couleurs ; on peut même peut-être hasarder une conjecture. Ces couleurs existent toutes dans la lumiere, il ne s'agit que de diviser les faisceaux où elles sont renfermées. Lorsque la lumiere traverse un milieu dense comme le verre, lorsqu'elle s'insinue à travers des molécules infiniment serrées, la proximité de ces molécules lui fait éprouver leur action ; & cette action, différente sur les différens rayons colorés, les sépare & les force de manifester leurs couleurs : la division est donc opérée par la puissance de l'attraction. Quand le feu se fixe comme élément dans les corps, quand la lumiere s'associe à une substance fixe & pesante pour former un composé de leur mélange, cette association nécessite une extrême proximité, & conséquemment une forte attraction des molécules massives de la substance fixe sur les molécules légeres & volatiles de la lumiere. Nous ne nous proposons point de dire ici comment les différentes couleurs sont produites dans les corps, Newton a pensé qu'elles dépendoient de la grosseur des molécules constituantes de ces corps ; mais ces molécules doivent attirer la lumiere, & par une attraction toujours semblable, dont les effets doivent être toujours les mêmes. Si, comme on n'en peut douter, la lumiere a des parties qui résistent plus ou moins à cette attraction, & qui

(a) M. Macquer, *Diction. de chim.* Tom III, p. 105, 123, nouv. édit.

se séparent des autres, si c'est de cette séparation que naissent les couleurs de l'aurore, de l'arc-en-ciel & du prisme, cette même séparation doit avoir lieu lorsque le feu s'unit intimement à une matiere étrangere quelconque. La lumiere, qui devient le phlogistique en se fixant dans les corps, ne se montre sous une autre forme que parce qu'elle s'altere. Elle semble ne pouvoir se fixer dans ces corps sans se désunir; on peut croire qu'elle y existe dans un état de décomposition semblable à celui de la lumiere qui sort du prisme : cette lumiere est colorée, le phlogistique doit colorer les corps.

Partout où nous verrons des couleurs, nous pourrons donc supposer qu'il y a mélange de la lumiere avec une matiere hétérogène. Mais ce mélange n'est pas sans doute celui qui résulte des parties de cette matiere, désunies par le feu, & entraînées par lui sous la forme de fumée & de flamme. Il n'y a point là d'aggrégation, c'est une simple dissolution dans le liquide du feu ; la flamme est d'autant plus pure, d'autant plus blanche, que la matiere brûlée est moins composée & plus simple (a). Si nous pouvions observer de près le spectacle d'une étoile, ou d'un Soleil enflammé, d'une masse solide & fixe en proie à l'activité d'une immense quantité de feu libre, nous verrions sans doute la lumiere même dans sa source ; & une flamme entiérement pure. Ce que nous appelons brûler, c'est décomposer ; la premiere opération de la nature fut peut-être de brûler pour une grande composition. Le feu a employé son action à diviser la matiere seche & dure, à la réduire en poudre impalpable ; il l'a rendue capable, par la ténuité, d'approcher de son essence légere, & de contracter alliance avec lui. Il en a résulté un premier composé ; le feu s'est combiné de nouveau

(a) M. Macquer, *Diction. de chim.* T. II, p. 100.

avec cette premiere combinaiſon, & les divers compoſés ont paru ſucceſſivement. Ce ſont les œuvres de la nature que nous détruiſons, en y appliquant le feu, qui, quand il eſt libre, ayant éminemment la propriété de diviſer, tend à tout ramener à la diviſion primitive par laquelle tout a peut-être commencé. Mais, comme nous l'avons obſervé, le feu, la lumiere n'exiſte dans ces mixtes que dans un état de décompoſition, dans cet état qui produit les couleurs. Lorſque le feu eſt appliqué à ces mixtes pour les détruire, ſon action précipitée entraîne des parties qui ſont encore des mixtes, où la lumiere fixée & combinée exiſte dans un état de décompoſition, & la flamme ſe peint de leurs couleurs. Cette flamme colorée annonce donc l'action du feu ſur un corps où lui-même ſe retrouve, ſur lequel il a déjà exercé une ou pluſieurs actions, & où il a produit différens mélanges de plus en plus compoſés. Ces mélanges, ces productions, qui ne ſont que la ſuite & le développement de l'action toujours ſemblable d'un élément ſur l'autre, ont demandé du tems; elles ſe ſont ſuccédées, le tems n'eſt qu'une ſucceſſion. Les corps céleſtes où elles ſe rencontrent ſont donc les plus vieux dans la nature; la diviſion des parties, l'effet réſultant de l'incendie eſt plus avancé. Les couleurs des étoiles peuvent donc indiquer leur âge & le degré de leur inflammation. Cette hypothèſe eſt conforme au petit nombre de phénomènes obſervés. Non ſeulement il n'y a que quelques étoiles qui nous montrent des couleurs, mais celles qui ſe ſont montrées, ou qui ont diſparu tout-à-coup, celles qui ont des retours, ont particuliérement une lumiere colorée. L'étoile de Caſſiopée, ſi bien obſervée en 1572 par Tycho, offrit des couleurs remarquables; celle du pied du Sagittaire, conſidérée par Képler en 1604, avoit une lumiere blanche mêlée de rouge. Mais ſur-tout celle de 1572 fut un ſpectacle

continuel de changemens; elle fut d'abord d'un blanc éclatant, ensuite d'un jaune rougeâtre, elle finit par un blanc plombé (a). On ne peut nier que ces variations de couleurs ne soient un indice de révolutions réelles, arrivées sur le globe de cette étoile. Notre Soleil, qui est dans une combustion complette, n'offre point d'exemple de ces changemens. Nous croyons donc que ces variations doivent indiquer une diminution de la quantité & de l'activité du feu : il est inégalement répandu sur la surface qu'il ne peut plus occuper entiere; une partie s'est combinée avec la matiere hétérogène pour colorer la lumiere, l'incendie diminué approche de sa fin. Cette étoile de 1572, qui n'a pas reparu depuis deux siecles, confirme ce soupçon : elle est peut-être entiérement éteinte. L'opinion la plus naturelle que nous puissions avoir sur les étoiles, l'opinion la plus autorisée par les faits, est que ce sont des masses d'une matiere solide & dure, baignée par le feu, mais par un feu libre, qui n'est que la lumiere même. Cette masse brûle, c'est-à-dire, qu'elle éprouve l'action du feu qui la divise; le feu s'affoiblit lui-même en opérant, il s'évapore en lumiere, ou s'imbibe dans la masse sous la forme de phlogistique : il s'anéantira comme tous les principes destructeurs, ou du moins il perdra sa liberté dangereuse, & l'étoile brillante ne sera plus qu'une masse imprégnée d'un feu captif qui ne luira plus.

Voilà tout ce que nous pouvions dire sur les corps essentiellement lumineux; nous ne pouvons nous instruire davantage qu'en les comparant avec les corps obscurs, avec les globes, qui, sans lumiere propre, ne sont éclairés que de celle qu'ils reçoivent. Ces globes sont les planetes, & nous devons

(a) *Suprà*, Tom. I, p. 382, & T. II, p. 33.

les comparer entr'elles, avant d'ofer les comparer aux Soleils. Les planetes ont plufieurs traits de reffemblance ; elles font fphériques, maffives ; leurs furfaces font également propres à réfléchir la lumiere ; elles ont toutes une force attractive, qui fait circuler autour d'elles des fatellites, ou qui trouble & dérange les planetes voifines. Les graves doivent donc tendre vers leurs centres, ils doivent fe précipiter & tomber vers la furface de ces globes, comme l'expérience journaliere les voit tomber autour de nous. La Terre, que nous connoiffons, eft hériffée de montagnes : Vénus, vue au télefcope, a offert des montagnes confidérables, plus hautes même que celles de la terre ; c'eft comme un amas de rochers entaffés & élevés les uns fur les autres : la Lune dont nous fommes plus près, & que nous pouvons détailler davantage, nous laiffe voir des plaines, des montagnes, & le fpectacle d'une terre femblable à la nôtre. Ces demeures pareilles demandent les mêmes habitans. Pourquoi la nature auroit-elle placé des êtres vivans dans un point de l'efpace, & abandonné tout le refte à la folitude & au filence ? Au milieu de tant de globes plus vaftes, la nature étendue, impofante, n'a pas été ordonnée pour un globe étroit & pour quelques individus : l'univers appartient à l'homme ; l'homme en eft l'habitant, puifqu'il le parcourt de la penfée & le décrit par fon intelligence. Cette idée de la pluralité des mondes habités eft une idée antique (*a*). Un philofophe, qui favoit tempérer par le charme du ftile la féchereffe du langage des fciences, & qui en les rendant aimables, les a rendues plus acceffibles, M. de Fontenelle a rajeuni ce fyftême, qui n'en eft point un pour les efprits philofophiques (*b*) : en formant,

(*a*) Hiftoire de l'Aftronomie ancienne, p. 100.

(*b*) Ce livre ingénieux n'a que le défaut d'être fondé fur la mauvaife hypothèfe des tourbillons, & le danger d'en perpétuer les idées fauffes.

ou

ou en adoptant ces conjectures, il se renferma dans les bornes convenables. Huygens, qui écrivit aussi sur cette matiere, se montra moins sage (*a*). Il ne se contente pas de placer des hommes & des animaux dans toutes les planetes, il examine quelles peuvent être les formes, les allures de ces animaux (*b*), les sens que peuvent avoir les hommes (*c*). Il y retrouve les mêmes inventions que sur la Terre; il y fait naître les sciences, & particuliérement l'astronomie. Le ciel de Jupiter, de Saturne, orné de leurs satellites & du spectacle de l'anneau, doit attirer plus de regards, & former plus d'astronômes (*d*). On juge bien qu'il a copié le monde qu'il connoissoit, mais il est impossible de décrire plus complettement des mondes qu'on n'a jamais vus. Rien ne peut nous éclairer sur ces possibilités; quand nous précédons les découvertes par des conjectures, il faut toujours que quelques faits, ou quelque analogie nous conduise. Tous les globes ont été formés pour être habités, nous devons le croire par respect pour l'Être suprême, qui n'a rien fait d'inutile, par une connoissance assez approfondie, qui nous montre que la nature est partout la même. Les plantes, les oiseaux, les quadrupedes se retrouvent sur la terre aux mêmes latitudes; c'est la même chaleur qui les y place & qui les y conserve. Un sol semblable, des atmosphères, des eaux soupçonnées dans quelques-unes de ces planetes, une chaleur, une lumiere égale envoyée du Soleil, doivent y faire naître & les mêmes végétaux, & les mêmes animaux qui s'en nourrissent; l'homme qui se nourrit des uns & des autres, doit y avoir été placé, puisqu'il y peut vivre.

La premiere idée que présente le spectacle de notre systême

(*a*) La pluralité des mondes de Fontenelle parut en 1686, celle d'Huygens en 1698.

(*b*) Huygens, *Pluralité des mondes*, p. 51.

(*c*) *Ibid*. p. 75.

(*d*) *Ibid*. p. 104.

planétaire eſt donc l'identité des planetes & des mondes habitables. Une obſervation attentive, aidée des meilleurs téleſcopes, a reconnu ſur la ſurface de la Lune, toujours expoſée à nos yeux, une conſtance très-remarquable; rien n'y eſt changé depuis cent ſoixante ans. Le globe de la Terre préſenteroit, à certains égards, la même apparence. Un ſpectateur placé dans la Lune verroit depuis pluſieurs milliers d'années les continens ſéparés par les mers, & diverſement figurés, former de grands eſpaces conſtans, des taches invariables pour l'éclat, ou pour l'obſcurité, comme pour la grandeur. La forme totale ſubſiſte, & la ſolidité de ces globes annonce leur permanence. Mais ces mondes, qui ſe reſſemblent par tant de points, different par beaucoup d'autres; s'ils étoient parfaitement identiques, ils ſeroient les ſeuls individus, qui portant les caracteres généraux de l'eſpece, n'euſſent point les caracteres particuliers de la force de l'âge. Ce ſont donc ces différences & ces caracteres particuliers, qui bien établis, peuvent dévoiler & la maniere d'exiſter de ces globes, & peut-être leur âge & leur origine. Nous voyons d'abord que la Lune n'eſt pas dans un état ſemblable à celui de la Terre; une quantité de vapeurs s'éleve dans notre atmoſphère, des nuages s'y amaſſent, qui doivent cacher les continens & varier leurs apparences, vues au loin comme les taches du globe. Celles de la Lune ſont toujours viſibles, jamais aucun voile ne les couvre. La Lune n'a donc ni vapeurs ni nuages; il lui manque une atmoſphère pour les recevoir (*a*), & des eaux pour les former (*b*). Ces grands eſpaces obſcurs, qu'on avoit pris pour des Océans, ont des cavités où l'on voit l'ombre à côté de la lumiere; on n'apperçoit nulle

---

(*a*) Hiſtoire de l'Aſtron. mod. *Suprà*, p. 386.

(*b*) Plural. des mondes d'Huygens. p. 221, 223; & *Suprà*, p. 388

part le niveau des surfaces fluides : la surface est entiérement raboteuse & aride, tout y paroît tranquille & sans mouvement. Si d'un autre côté nous considérons Jupiter, dont la grosseur compense l'éloignement & laisse appercevoir quelques détails de sa surface, nous y découvrirons des phénomènes d'un autre genre, mais non moins étonnans. Les taches que l'on nomme les bandes, & qui ceignent comme une ceinture le globe de cette planete, paroissent être des mers plus étendues en longueur qu'en largeur. On sait que les eaux absorbent une partie de la lumiere qu'elles reçoivent ; la surface des eaux doit donc être plus obscure que celle des terres, c'est la cause présumée de l'obscurité de ces bandes. Mais le phénomène le plus extraordinaire est l'inconstance de leurs apparences. Ces bandes sont le plus souvent au nombre de trois ; quelquefois on en a vu cinq & huit, quelquefois on n'en a vu qu'une (a) : celle qui est constante est la plus large ; c'est un grand fleuve qui traverse Jupiter dans la zône torride. Mais les autres bandes, qui sont encore d'autres fleuves, sont bien singulieres par leurs variations. On a vu un interstice clair, placé entre deux bandes obscures, se partager en plusieurs petites parties semblables à des îles, comme si ces deux bandes étoient des rivieres, qui débordant l'une contre l'autre, eussent produit ces îles, ensuite effacées par la réunion complette des eaux de ces rivieres dans un seul lit, pour ne former plus qu'une bande plus large. La tache isolée, qui servit à D. Cassini pour déterminer la révolution de Jupiter sur son axe, ne paroît pas toujours ; il la découvrit en 1665 (b) : elle fut visible pendant deux ans, & ne reparut qu'en 1672, mais ce fut à la même place. On la revit en 1677, 1685, 1690, 1708, toujours pendant

(a) Cassini, *Elém. d'Astron.* p. 402.

(b) *Ibid.* p. 403.

deux ou trois ans de ſuite, & toujours au même lieu du diſque. En obſervant cette tache le 13 Décembre 1690, on vit à la fois cinq bandes ſur le diſque, une heure après on n'en vit que deux, & quelques petites taches formées ſans doute des débris des autres (*a*). C'eſt un ſpectacle bien étonnant que celui de ces changemens preſque inſtantanés, & auſſi rapides qu'ils ſont vaſtes & terribles! Ce ne ſont point des nuages qui produiſent ces apparences; les nuages ſont propres à réfléchir la lumiere, ils ne paroiſſent obſcurs & noirs que par leur proximité: les nues légeres & élevées ſont blanches (*b*). Nous avons conclu que la Lune n'a point de nuages, parce que les diviſions de ſa ſurface ne ſont jamais voilées, nous concluons que ſur Jupiter, où la plupart de ces diviſions ſont anéanties par l'éloignement, les nuages, s'il en a, doivent ſe confondre avec la ſurface du globe. Les taches longues, continues & obſcures ne peuvent être que des eaux, leur figure changeante annonce la mobilité; les taches qui s'uniſſent, ſemblent en effet des eaux verſées dans d'autres eaux. On peut objecter que les nuages plus blancs couvrent ces taches, & cauſent par un mouvement inégal & varié ces apparitions & ces diſparitions extraordinaires. Mais il ſeroit bien ſingulier que des nuages abandonnés au haſard des vents, laiſſaſſent de tems en tems paroître les mêmes formes, s'abſtinſſent de les couvrir pendant des années conſécutives, & enſuite les rendiſſent inviſibles par une interpoſition conſtante de pluſieurs années, & avec des alternatives répétées un grand nombre de fois. Ces phénomènes ont une irrégularité frappante, mais ils ont une conſtance & des retours qui doivent exclure toute

(*a*) Caſſini, *Elém. d'Aſtron.* p. 405 & 407.

(*b*) Lorſque M. Bouguer eſt monté ſur les hautes montagnes du Pérou, il a toujours vu les nuages inférieurs blancs & ſemblables à des flocons de coton amoncelés. *Mém. Acad. Scien.* 1744, p. 263.

cause aussi variable & aussi inégale que celle des nuages. On peut donc légitimement conclure que la surface de Jupiter a des fleuves & des mers, & particuliérement vers son équateur, dans la zône torride, où sont les bandes & les plus grandes taches. Les débordemens y sont continuels; cette planete paroît livrée à un bouleversement général; c'est l'image du chaos, du combat des élémens, & d'un premier état de la nature. Les eaux qui arrosent la Terre, qui ne se retrouvent point dans la Lune, existent donc en grande abondance sur le globe de Jupiter. Soit que la Lune ait eu des eaux, & qu'elle n'en ait plus, soit qu'elle n'en ait jamais eu, il lui manque donc le degré de chaleur qui rend la matiere liquide & coulante. L'eau transformée en glace, devient solide quand la chaleur l'abandonne. Le feu est la seule substance essentiellement fluide: c'est par lui que toutes les substances le deviennent; il n'y a point de fluide où le feu n'existe pas. La quantité de feu peut se mesurer par la quantité des substances coulantes. Le feu, qui ne se manifeste point dans la Lune, doit donc abonder dans Jupiter. Mais si cette idée des eaux paroît incertaine & hypothétique, nous nous bornerons à une seule considération; c'est celle de ces grands changemens, opérés sur l'une des planetes, en contraste avec l'apparence constante de l'autre. Jupiter est le tableau du mouvement, la Lune celui du repos & de l'inertie. La Terre semble à cet égard dans un état moyen; elle éprouve dans sa masse un mouvement, qui suffit pour la rendre vivante; sans produire des ravages destructeurs. L'observation démontre donc que les planetes renferment un principe plus ou moins développé, plus ou moins agissant; ce principe anime la Terre, il manque absolument à la Lune, & dans Jupiter il a toute son énergie. Voilà des faits qu'on ne peut révoquer en doute.

Nous ne connoiſſons de principe de mouvement que l'impulſion qui tranſporte les maſſes ſans les altérer, l'attraction qui compoſe & figure les corps, les durcit & leur donne la ſolidité & la permanence, enfin le feu qui agite, remue & travaille les globes dans leur ſein même. Les phénomènes des trois planetes que nous venons d'obſerver ne peuvent appartenir ni à l'impulſion, ni à l'attraction; il ſemble que le feu ſoit le principe, le ſeul agent qui puiſſe modifier ainſi ces planetes & les caractériſer, les unes par ſon activité, & les autres par ſon abſence. Les corps obſcurs commencent donc à ſe rapprocher des corps lumineux; les uns ſont formés d'une maſſe ſolide & dure, ſemblable à celle qui dans les autres eſt baignée par l'élément du feu. Les corps obſcurs ont un principe de mouvement, qui paroît être celui de la chaleur: il ſemble que ce ſoit un reſte du feu libre en action qui dévore les corps lumineux. Ici le principe eſt développé, il a la plénitude de ſa force; là il eſt gêné, captif, & modéré dans ſes effets. Deſcartes, dans ſes rêveries philoſophiques, a penſé que les Soleils pouvoient s'encroûter. Le mécaniſme qu'il établit eſt difficile à concevoir, & a été détruit avec les tourbillons. Leibnitz eut une idée plus heureuſe; il conſidéra les planetes opâques comme des Soleils éteints. Les changemens obſervés dans les étoiles le conduiſirent ſans doute à cette idée ingénieuſe & vraiſemblable; il regarda leur diſparition comme la fin de leur incendie. Mais leurs maſſes brûlées & abandonnées par le feu, reſteront-elles inutiles? L'opacité les rend capables de réfléchir la lumiere comme les planetes; la ſolidité leur permet de porter des habitans. Pourquoi ce qui eſt poſſible & naturel n'exiſteroit-il pas? Il trouvoit dans l'extinction des corps lumineux, la raiſon ſuffiſante de l'exiſtence des corps obſcurs: cette origine des planetes eſt une économie dans l'univers. Elle

a toute l'évidence qui caractérise la vérité, elle lie des parties de la nature jusques-là séparées, enfin elle est conforme à cette nature même, qui n'est que successions & transformations. Cependant ces planetes présentent un phénomène qui n'est point expliqué par cette hypothèse. Ces planetes, quoique différentes par la masse, éloignées par la distance, ont des conformités très-remarquables; elles se meuvent toutes, ainsi que leurs satellites, dans le même sens, d'occident en orient, par cette impulsion uniforme, qui se combine avec l'attraction pour produire leur mouvement. Il semble donc qu'elles ont été toutes lancées à la fois & d'un seul jet. Mais cette direction semblable du mouvement n'est pas la seule conformité des planetes, leurs orbes sont très-peu inclinés à l'écliptique; ils sont tous renfermés dans une zône assez étroite du ciel, que les premiers astronômes ont remarquée, & qu'ils ont nommée zodiaque. L'étendue circulaire de cette zône, où les planetes sont prisonnières, n'occupe que la dix-septieme partie du ciel. Pourquoi donc le ciel a-t-il seize parties entiérement vides de corps mouvans, tandis que cette dix-septieme partie est favorisée de la présence des seize planetes, qui composent notre systême? Rien dans la nature ne s'est fait sans cause, & si nous faisions présider le hasard à la disposition de l'univers, s'il lui avoit été permis de lancer ces planetes dans des directions arbitraires, & par des jets différens, le calcul des probabilités enseigne qu'il y a quatorze cent mille à parier contre un que les planetes ne se mouvroient pas dans le même sens, & ne seroient pas comprises dans la dix-septieme partie du ciel (a). Comme ce hasard seroit très-extraordinaire, & que d'ailleurs le hasard lui-même n'est que le résultat de causes

(a) M. Daniel Bernouilli, *Piece du prix*, 1734, p. 93.

qui nous sont inconnues, il est évident qu'il doit exister une cause qui a rassemblé les planetes dans le zodiaque. M. de Buffon, en s'élevant à l'origine des choses, pour commencer l'histoire naturelle du globe, a cherché la cause qui avoit prescrit une route à ce globe, & qui en même tems avoit forcé toutes les autres planetes de l'accompagner. Newton lui avoit montré que la comete de 1680 passa très-près du Soleil, & à une proximité effrayante pour cette comete; Newton soupçonna même qu'elle étoit destinée à y tomber. M. de Buffon pense qu'une comete massive peut avoir rasé & sillonné la surface du Soleil; la comete a chassé devant elle des flots de la matiere en fusion. Cette matiere séparée du Soleil & lancée par un seul choc, a suivi la même direction; mais comme le choc n'a pas été instantané, les vîtesses n'ont pas été les mêmes. Le torrent de la matiere liquide s'est rompu en différentes portions, qui arrondies par l'attraction de leur masse particuliere, ont pris la forme sphérique, & saisies par l'attraction du Soleil, combinée avec l'impulsion uniforme résultante du choc, ont décrit des orbites autour de lui. Cette hypothèse a l'avantage d'indiquer la cause de l'impulsion qui meut les planetes, & qui semble avoir été la même pour toutes, de montrer la raison de leur existence dans une bande étroite du ciel; elle se réunit à celle de Leibnitz, pour donner la même origine aux planetes. Nous n'avons point le génie de Buffon, ou de Leibnitz, pour voir comme eux la naissance des choses, nous ne jugeons point les hypothèses, nous ne prononçons point entre deux grands hommes; mais conduits par ces vues excellentes, nous nous croitons d'autant plus sûrs de la vérité d'une pensée qui leur fut commune. Cette pensée est que la matiere qui compose les planetes, a été jadis semblable à celle qui compose aujourd'hui les Soleils; car qu'un globe ait été jadis brûlant &

& lumineux, & qu'il se soit éteint pour devenir solide & opaque, ou que le Soleil choqué ait laissé échapper un jet de matiere brûlante & liquide, laquelle durcie par le réfroidissement, a formé les globes que nous habitons, il en a dû résulter les mêmes effets sur ces globes.

Cette identité des corps lumineux & obscurs n'est encore qu'une simple possibilité & une vue du génie. Lorsque les faits comparés demanderont cette identité de tous les corps célestes, & cette origine des planetes, ce qui étoit une hypothèse deviendra une vérité. Or nous pouvons examiner l'hypothèse par ses suppositions: la matiere aujourd'hui solide & compacte des planetes a dû être jadis liquide & brûlante; si la terre conserve des vestiges de cet ancien état, ces vestiges seront les caracteres de son origine, & l'origine sera démontrée. M. de Buffon a retrouvé dans la constitution actuelle de notre globe les symptômes de sa liquidité & de son inflammation. La terre a été liquide, puisqu'elle est aplatie; si elle avoit été primitivement solide, elle ne se seroit point déformée par la force centrifuge née de sa rotation, la cohésion des parties l'auroit défendue; la mobilité des fluides peut seule avoir cédé à l'action de la force centrifuge (*a*). L'aplatissement de Jupiter démontre que cette planete a été comme la terre dans un état fluide; & si un aplatissement semblable ne se remarque point dans les autres globes célestes, qui tournent moins rapidement sur leur axe, c'est que cet aplatissement trop petit, & vu de trop loin, ne peut avoir une dimension sensible par nos mesures. Si nous n'habitions pas la terre, nous n'aurions point apperçu son aplatissement. La figure aplatie des globes peut donc être regardée comme un phénomène général, & la fluidité

(*a*) *Suprà*, p. 555

primitive qui en est la source, comme un principe universel. C'est ainsi que M. de Buffon s'est assuré que les planetes avoient été d'abord liquides, & voici comment il a reconnu leur inflammation. Le froid des hivers & la chaleur des étés sont des changemens très-sensibles de la température du globe; ces changemens sont dûs à la position différente du Soleil, qui, dans l'été, placé vers le haut du ciel, nous échauffe par des rayons presque perpendiculaires, & dans l'hiver, abaissé vers l'horizon, nous envoie des rayons inclinés qui effleurent la surface, & ne font que glisser sur nous. Si la physique peut, à l'aide du thermometre, mesurer la température des étés, pour la comparer à celle des hivers, la géométrie peut considérer ces différentes inclinaisons, mesurer leurs effets, estimer la quantité de ces rayons par la durée des jours, & dire combien le Soleil est plus bienfaisant dans l'été que dans l'hiver. M. de Mairan s'est proposé cette comparaison; il a consulté la géométrie & la physique sur le changement de la température. Il a trouvé par le calcul que le Soleil devoit verser dix-sept fois plus de rayons & de chaleur en été qu'en hiver. Cette géométrie est sans doute un peu mêlée d'évaluations physiques; mais l'inexactitude même de ces évaluations a des bornes appréciables; elle peut altérer la quantité du résultat, mais elle n'influe point sur le résultat même. Quand on démontreroit que la chaleur de l'été n'est, comme nous l'avons supposé ailleurs (*a*), que six fois plus grande que la chaleur de l'hiver, les conclusions où M. de Mairan est arrivé n'en seroient pas moins inébranlables. Les observations du thermomètre, qui indiquent le plus grand froid & le plus grand chaud des années, ont fait connoître à M. de Mairan que la quantité moyenne entre

(*a*) Lettres sur l'origine des sciences, p. 178.

toutes ces années eſt de ſept degrés au-deſſous du terme de la glace pour le froid des hivers, & vingt-ſix degrés au-deſſus pour le chaud des étés. Tandis que le Soleil paſſe d'un tropique à l'autre, & dans l'intervalle de ſix mois, le thermomètre de Réaumur parcourt donc trente-trois degrés; mais que ſont ces degrés? Ce ſont ceux de la chaleur augmentée & diminuée. Le froid n'exiſte pas, ce n'eſt qu'une privation: la chaleur a ſeule une réalité d'action qui anime la nature, & fait mouvoir tous les êtres; le froid abſolu ne ſeroit que la ceſſation totale de la vie & du mouvement. On conçoit que la chaleur répandue ſur les globes, conſidérée comme une quantité, peut être diviſée en un certain nombre de parties, & meſurée par des degrés: ce ſont ces degrés que le thermometre nous montre; leur nombre eſt indéterminé, ils forment une échelle dont l'étendue & les termes nous ſont inconnus. Ces termes ſont d'une part la plus grande chaleur poſſible à la nature, & de l'autre l'anéantiſſement total de cette chaleur. Il faudroit connoître un de ces termes, pour avoir un point d'où l'on pût compter les degrés, pour pouvoir dire de combien la température s'eſt éloignée, ou rapprochée, de la chaleur extrême ou du froid abſolu. Ces termes, que nous ne connoiſſons pas, que nous ne pouvons atteindre, nous pouvons en approcher & les eſtimer. Nous ne connoîtrons jamais le froid abſolu, mais l'expérience peut nous indiquer un degré de froid, qui ſans arriver à ce terme effrayant de la nature, pourra nous faire entrevoir à quelle diſtance nous en ſommes ſur ce globe, encore rempli de mouvement & de vie. Nous avons trouvé le moyen d'augmenter le froid de la glace, en la mêlant avec des ſels & des acides, ou, pour mieux dire, nous lui avons enlevé une partie de la chaleur que la nature lui laiſſoit encore. Ce froid artificiel, opéré à Pétersbourg en

1759 (a), a congelé le mercure & l'a réduit en masse solide; lorsque le thermometre de Réaumur est descendu à 592 degrés. On sent combien ce froid de 592 degrés est énorme, en comparaison du petit froid de sept degrés, qui nous gele dans nos hivers! Mais il ne dépend pas de nous d'arracher à la nature sa chaleur entiere; l'eau consolidée en glace n'en est point totalement dépouillée; le mercure gelé & durci doit en conserver également. La cessation complette de toute chaleur, le froid absolu est donc bien au-delà de ces 592 degrés; & nous en verrons le terme d'autant plus loin, que nous concevrons mieux la difficulté de forcer la nature, & de la priver du mouvement & de la chaleur qui la constituent. M. de Mairan place le terme du froid absolu, sur le thermometre de Réaumur, à mille degrés au-dessous de la glace; M. de Buffon, par une vue plus étendue & par une idée plus grande de la résistance de la nature, le porte à dix mille degrés. Quoique cette estimation soit peut-être plus juste, pour ne point forcer des résultats, qui sont déjà assez singuliers, nous nous en tiendrons à l'estimation de M. de Mairan. Il s'ensuit que nos étés ont 1026 degrés de chaleur; & lorsque dans l'hiver le thermometre est descendu de 33 degrés, la terre conserve encore 993 degrés de cette chaleur bienfaisante & nécessaire. La température de l'été n'est donc altérée que d'une trente-unieme partie pour devenir la température de l'hiver; il n'y a que cette différence entre les chaleurs insupportables & les froids rigoureux. Cette variation, petite pour la nature, est grande & redoutable pour un être foible, qui n'a des sens délicats & fins que par cette foiblesse même; s'il est averti de tout, c'est que tout l'incommode. Cependant le calcul de l'effet des

(a) Par MM. [illegible]. *V.* leurs Differ. *de admir. frig. artif.* & *de solido & fluido*.

rayons solaires nous a montré que si la terre a 17 degrés de chaleur dans l'été, elle n'en doit plus avoir qu'un dans l'hiver; ainsi, conformément à cette proportion, la liqueur du thermometre, qui s'éleve l'été à 1026 degrés, ne devroit monter l'hiver qu'à 60 : elle monte cependant à 993, & cette différence étonnante, qui ne peut être ni l'erreur du calcul, ni l'erreur des suppositions, démontre évidemment que la terre possede une chaleur indépendante du Soleil. Le Soleil y ajoute ses secours, nécessaires pour la végétation, qui ne commence qu'avec son retour; le Soleil ne semble donc donner que 2 degrés l'hiver, & 34 ou 35 degrés l'été. Les 991 degrés qui restent sont la base sur laquelle s'éleve la chaleur du Soleil pour opérer la végétation; mais sans cette base, la végétation ni la vie n'existeroient pas sur le globe. Ce nombre de degrés peut être plus ou moins hypothétique, le rapport des deux sources de la chaleur peut être plus ou moins exact, mais l'existence de ces deux sources est également certaine. M. de Buffon a considéré cette chaleur propre & intérieure de la terre comme un trait de ressemblance des planetes avec le Soleil. Par une idée, aussi naturelle qu'elle est grande & philosophique, il a vu que cette chaleur, continuellement employée à la végétation, à l'élévation des vapeurs, s'évaporoit par les pores de la terre & par les canaux des végétaux. Cette déperdition de la chaleur lui a fait entrevoir deux phénomènes également nécessaires; l'un dans le passé & l'autre dans l'avenir. Le premier, c'est que ce globe, qui possede aujourd'hui une chaleur susceptible de diminution, a dû éprouver jadis le plus haut degré de la chaleur, c'est-à-dire, le degré qui fond les corps & les rend liquides: le second, c'est que le globe déjà réfroidi, se réfroidit de jour en jour par des pertes qui ne seront sensibles que dans les siecles; les glaces doivent le couvrir & remplacer les êtres

vivans. L'inflammation du globe, ſuppoſée par M. de Buffon, eſt donc appuyée ſur deux faits, ſur l'aplatiſſement de la terre, & ſur la chaleur propre qu'elle conſerve encore; ce ſont les veſtiges de ſon ancien état. Le phénomène de la diminution de cette chaleur ſe manifeſtera un jour par les obſervations du thermomètre : mais en attendant cette lumiere de l'expérience, la concluſion qu'il propoſe, conforme à ces deux faits, & à beaucoup d'autres que nous ne pouvons détailler ici, a toute l'évidence néceſſaire dans les choſes de cette nature; elle a les caractères de la vérité.

Cette chaleur, que la terre poſſede ſans en rien devoir aux rayons du Soleil, doit être un phénomène général; chaque planete doit avoir ſa chaleur intérieure. Les partiſans des cauſes finales diroient que cette chaleur eſt d'autant plus néceſſaire, que Jupiter, & ſur-tout Saturne, ne reçoivent du Soleil que des rayons affoiblis : mais les rapports établis ſur ces cauſes ſont incertains comme elles; la conformité du ſort des planetes peut être fondée ſur une loi plus ſûre, c'eſt que les êtres de même eſpece ſont revêtus des mêmes organes, & ont le même principe de mouvement. Si les globes n'étoient pas déjà échauffés dans la profondeur de leur maſſe, le Soleil ne ſuffiroit à la terre, ni pour la végétation, ni pour la vie; il ſuffiroit moins encore aux autres planetes plus diſtantes, elles exiſteroient froides & inanimées. La terre ſeroit donc la ſeule vivante; la planete de Mars, les maſſes de Jupiter & de Saturne ſeroient donc vaines & inutiles dans le deſſein de l'univers : cette vue philoſophique ne peut nous tromper; tout ce qui eſt néceſſaire à l'exiſtence accompagne & fonde cette exiſtence. Si de fortes probabilités nous autoriſent à croire que les corps planétaires ſont les reſtes de Soleils éteints, la chaleur que ces corps conſervent eſt la ſuite de leur premier

état d'incendie. Elle sera d'autant plus foible que leur extinction sera plus antique, & qu'ils auront perdu davantage par le réfroidissement. Mais dans le nombre de ces corps, en est-il qui soient réellement plus anciens que les autres. Les circonstances de la direction semblable de leur mouvement & de leur réunion dans une partie étroite & bornée du ciel, ne semblent-elles pas indiquer que leur fortune a été la même, qu'ils ont été lancés par la même cause, & que leur existence a la même date dans le tems. Si les seize planetes de notre systême étoient nées toutes à la fois, c'est-à-dire, qu'elles eussent passé toutes ensemble, & dans le même instant, de l'état d'inflammation à celui de réfroidissement, nous pourrions avoir quelque notion de leur état présent; c'est un avantage de l'hypothèse de M. de Buffon. Toutes les planetes ont été à la fois détachées du Soleil; l'inflammation a cessé, dès que leur masse liquide a été séparée du foyer de la chaleur; elles ont durci dès le premier moment de leur existence, & leur réfroidissement a commencé. Ce réfroidissement doit être proportionné, dans les différens corps, à l'étendue de leur surface, à la quantité relative de leurs pores qui permet l'évaporation. La chaleur conservée doit donc suivre, dans une certaine proportion, la grandeur de ces corps. Il a fallu chercher cette proportion par l'expérience. M. de Buffon a chauffé des globes de différens diametres jusqu'à l'incandescence; il a observé le tems que ces globes employoient à se réfroidir, au point de pouvoir être touchés avec la main; & il a considéré ce terme comme celui où les globes avoient pu admettre la nature vivante & devenir habitables. Il a observé également le tems du réfroidissement total; un nombre suffisant d'expériences lui a fait découvrir la proportion qui existe entre ces tems & les diametres des corps.

Il eſt donc parti du moment de l'inflammation de toutes les planetes, & au moyen de leurs diametres connus, il a pu eſtimer le tems néceſſaire pour les rendre habitables, & le tems néceſſaire à leur réfroidiſſement total. Ces planetes, qui ont reçu les mêmes dons, les ont inégalement conſervés. Les groſſes, telles que Jupiter & Saturne, ſont encore brûlantes; l'excès de la chaleur ne permet pas l'habitation : les petites, telles que la Lune, ont tout perdu ; le réfroidiſſement eſt conſommé, elles ſont dans un état de glace & de mort. La terre, avec ſa grandeur moyenne, avec les ſecours du Soleil, jouit de cette heureuſe température, qui rend habitable le plus grand nombre de ſes climats; ſes pôles ſeuls, abandonnés du Soleil, ſont inhabités, circonſcrits & fermés par une zône de glaces, qui s'étend, & s'avance lentement ſur le globe, en lui annonçant ſa deſtinée.

Ces trois planetes, Jupiter, la Terre & la Lune ſont donc dans trois états différens, états d'excès, de médiocrité, & de privation abſolue de la chaleur. Ce ſont trois termes de l'échelle que la nature peut parcourir en montant à la vie, & en deſcendant à la mort; c'eſt ce qui réſulte de l'hypotheſe ingénieuſe & vraiſemblable de M. de Buffon, de cette vérité de la chaleur propre du globe, d'un réfroidiſſement préſumé, & étendu à toutes les planetes. Sans vouloir faire un ſyſtême ſur les premiers mélanges des choſes, & ſur les grandes formations qui ont précédé celle de notre eſpece, on apperçoit que l'élément de la terre & l'élément du feu ſont les deux principes eſſentiels de tout ce qui exiſte. Tout dans la matiere eſt fixe ou volatil ; chaque ſubſtance participe plus ou moins de ces deux propriétés fondamentales, & n'offre que des nuances depuis l'inertie abſolue de la terre juſqu'à l'expanſibilité du feu. L'air & l'eau ne ſont ſans doute fluides qu'à cauſe

cause de la fluidité du feu. On conçoit que dans l'inflammation des Soleils, la masse terreuse & solide qui les compose est sans cesse divisée par le feu en action ; c'est une véritable dissolution dans le plus actif de tous les dissolvans. Cette division en parties impalpables rapproche la Terre de la nature du feu, & la dispose à son alliance. Il en doit résulter différens composés, tels que l'eau & l'air, qui s'unissant avec les deux premiers élémens, produiront toutes les substances qui composent & ornent le globe. Mais ces combinaisons multipliées, qui naissent de la réaction & de la puissance des élémens, ne peuvent être opérées que par un long travail. Ce travail est exécuté & caractérisé par de grands mouvemens. Dans un Soleil réellement éteint, dans une planete encore brûlante, le feu conserve la prépondérance du pouvoir; il a une partie de sa liberté, & cette liberté produit les mouvemens & les révolutions. On conçoit que les eaux doivent sans cesse se volatiliser, retomber en déluge, se précipiter en torrens, sillonner la surface, se creuser des lits, en changer, & dévaster le globe livré au combat de ces deux élémens, l'eau & le feu. Lorsqu'au contraire la planete est arrivée au terme fatal de son réfroidissement, le mouvement cesse, les eaux ne coulent plus ; elles restent prisonnieres & glacées dans leurs lits & dans leurs bassins ; la surface est aride & déserte, le feu n'existe plus, & le repos & le silence ont remplacé le mouvement & la vie. Les apparences de deux planetes nous ont montré précisément les caracteres de ces deux états opposés, les observations nous ont indiqué le degré de réfroidissement de ces deux planetes. Nous avons dit que le principe de mouvement qui anime la Terre, se déploie avec une énergie plus grande & plus remarquable dans la planete de Jupiter, tandis qu'il manque absolument à la Lune. Il est

bien naturel d'en conclure que ce principe eſt celui du feu, la chaleur intérieure, laquelle évaporée en raiſon de la petiteſſe des corps, a abandonné tout-à-fait la Lune, ſe maintient dans notre globe moyen, & s'eſt conſervée plus active dans le globe volumineux de Jupiter. Les changemens continuels de ſa ſurface, la diſparition, la réapparition ſubite & irréguliere de ſes bandes, les taches qui ſemblent ſe répandre, former des îles, ſe mêler & ſe confondre, annoncent le travail de la chaleur & des eaux. Ces dévaſtations ne permettent point d'y ſuppoſer des habitans & confirment le calcul de M. de Buffon; cette planete eſt encore trop brûlante pour la matiere organiſée. Le ſpectacle de la Lune n'étonne pas moins les obſervateurs; elle a l'air de la ſolitude. Huygens, qui vouloit peupler tous les corps céleſtes, n'oſoit y placer des habitans *(a)*. On n'y voit point d'eaux *(b)*, tout eſt vallons & montagnes; cette ſéchereſſe caractériſe l'abſence de l'élément du feu. Mais ces vallons ont eux-mêmes un caractere remarquable, c'eſt leur rondeur. La forme de ces vallées ou circulaires, ou ovales, faiſoit croire à Képler qu'elles avoient été creuſées par la main des habitans de la Lune *(c)*. L'apparence de ces vallons donne bien plutôt l'idée de baſſins, jadis remplis d'un fluide, qui s'eſt glacé pour former une plaine ſolide; cette apparence eſt d'accord avec le défaut de fleuves & de mers, défaut reconnu par tous les obſervateurs *(d)* : il n'y a plus d'eaux, parce qu'elles ſe ſont conſolidées. Ces phénomènes comparés de Jupiter & de la Lune, la chaleur démontrée par M. de Mairan indiquent donc que toutes les planetes ont eu un fond de chaleur propre. Le réfroidiſſement, déjà

(a) Huygens, *Plural. des mondes*, p. 225.
(b) *Ibid.* p. 222.
(c) *Ibid.* p. 220.
(d) *Suprà*, p. 388.

comme obſervé dans la Lune, confirme le réfroidiſſement de la Terre & des planetes, annoncé par M. de Buffon. Cette chaleur ſans ceſſe diminuée, a dû être jadis plus grande qu'elle n'eſt aujourd'hui dans la Terre & dans Jupiter même ; elle a dû exiſter au plus haut degré poſſible, qui eſt celui de la fuſion. Cette fuſion eſt encore atteſté par la figure aplatie des planetes qu'elles doivent à leur liquidité primitive. Lorſqu'on voit d'un côté que les Soleils ne ſont que des incendies, des maſſes ſolides baignées de feu, dévorées, diviſées par cet élément qui tend à les rendre liquides ; & que de l'autre on apperçoit dans les planetes les ſymptômes de la liquidité & de la chaleur plus grande, qui ont été les ſuites de l'extinction de cet incendie, il ſemble permis d'en tirer cette concluſion importante, que les planetes ne ſont réellement que des Soleils éteints : ſoit comme M. de Buffon l'a penſé, qu'elles ayent été détachées d'un grand foyer encore exiſtant; ſoit qu'elles ayent été elles-mêmes, ſuivant l'opinion de Leibnitz, de petits corps lumineux bientôt conſumés & détruits, faute de matieres combuſtibles. Les corps lumineux & les corps obſcurs, c'eſt-à-dire, les ſubſtances les plus diſtantes de la nature, peuvent donc être rapprochées par de fortes probabilités, & par des conjectures ſuffiſamment liées. La nature éloignée eſt une avec la nature qui nous environne ; elle repoſe ſur deux principes, la matiere ſeche & dure, inerte & paſſive, & la matiere fluide & mobile qui anime l'univers, qui tend toujours au mouvement, à la liquidité : lorſque cette matiere active a atteint ſon but, conſommé ſon ouvrage, elle s'évapore par ſon activité même qui n'a plus d'aliment ; la ſolidité, la dureté, la ſéchereſſe reparoiſſent ſucceſſivement ; & à meſure que le feu ſe retire, tout ce qu'il avoit détruit ſe rétablit. En enchaînant ces idées & ces vues, nous n'avons point eu l'intention

de faire un syſtême; mais nous avons penſé qu'au défaut d'une connoiſſance poſitive que nous n'obtiendrons ſans doute jamais, elles pouvoient ſatisfaire l'eſprit, en lui permettant de ſe compoſer un tableau de l'univers. Ces idées, ſans être toutes des concluſions démontrées, ne ſont pas deſtituées de fondemens: elles naiſſent légitimement des faits obſervés & des loix établies; elles ſont dues à pluſieurs grands hommes, qui par des vues lumineuſes ont éclairé quelques points de la nature, comme cette nature a poſé de loin en loin des flambeaux iſolés pour éclairer quelques cantons de l'eſpace.

FIN.

EXPLICATION

DE QUELQUES TERMES D'ASTRONOMIE.

A

ABERRATION des étoiles : c'est le déplacement apparent des étoiles en conséquence du mouvement de la terre, combiné avec le mouvement de la lumiere. On dit aussi dans le même sens *Aberration de la lumiere.*

ABSIDES : ce sont les deux points où un astre se trouve le plus près & le plus loin d'un autre astre, autour duquel il tourne dans un cercle, ou dans une ellipse. La ligne, qui joint ces deux points, s'appelle la ligne des absides. Dans l'ellipse, le grand axe est toujours la ligne des absides. (*Voyez figure 6*, *Tome II*). Si le soleil est en F, l'astre qui décrit l'ellipse BEH, est le plus éloigné en H, le plus près en B, & BH est la ligne des absides.

AIRES : signifient des espaces. Les aires des secteurs elliptiques sont proportionnelles aux tems.

ALDÉBARAN : est le nom d'une étoile de la premiere grandeur & de la constellation du Taureau. On la nomme aussi l'Œil du Taureau.

ANOMALIE : l'angle d'anomalie est la distance d'une planete à son aphélie ; il y en a de plusieurs especes, anomalie moyenne, anomalie de l'excentrique, anomalie vraie. L'anomalie moyenne est celle qui auroit lieu si l'astre se mouvoit uniformément : l'anomalie vraie est celle qui a lieu réellement dans la nature : l'anomalie de l'excentrique, ainsi que l'anomalie moyenne sont fictives ; ce sont des suppositions que l'on fait pour trouver l'anomalie vraie.

ANTARCTIQUE : est un adjectif qui désigne tout ce qui appartient à l'hémisphere méridional & au pôle austral.

ANTIPODES : ce sont des climats, qui sur la terre sont diamétralement opposés à d'autres climats. Si on imagine une ligne qui partant de Paris traverse le globe & passe par son centre, le point opposé de la surface où elle se terminera, marquera les antipodes de Paris.

Aphélie : les planetes décrivent des ellipses dont le soleil occupe le foyer ; le point de cette ellipse, où elles se trouvent le plus éloignées de cet astre est leur aphélie. Le point H (*fig. 6*, *Tom. II.*) est l'aphélie, le soleil étant supposé en F. Si c'étoit la terre qui y fût supposée, alors le point H s'appeleroit l'apogée. En général aphélie signifie le lieu d'un astre, lorsqu'il est le plus loin du soleil, apogée son lieu, lorsqu'il est le plus loin de la terre. Périhélie & périgée signifient au contraire les points où un astre se trouve le plus près du soleil ou de la terre. Si le soleil est en F (*fig. 6*, *Tom. II.*), le point B sera périhélie ; si c'est la terre qui occupe ce point, le point B sera le périgée.

Apogée : *voyez* Aphélie.

Apsides : *voyez* Absides.

Arctique : est un adjectif, qui désigne tout ce qui appartient à l'hémisphère septentrional, & au pôle du nord où se trouve la constellation de l'ourse.

Arcturus : est le nom d'une étoile de la premiere grandeur & de la constellation du Bouvier.

Armilles : instrumens composés de cercles assemblés, qui servoient aux anciens pour l'observation des astres.

Ascension droite : les ascensions droites sont des arcs de l'équateur ; on les compte depuis le point de l'équinoxe du printems. Si on imagine un cercle, qui partant du pôle passe par un astre & vienne aboutir à l'équateur, il marquera le lieu de cet astre sur l'équateur ; & l'arc de l'équateur compris entre ce lieu & le point de l'équinoxe, sera son ascension droite. La distance de l'astre à l'équateur, mesurée sur le cercle qui part du pôle, s'appelle sa déclinaison.

Aspect : situation d'une planete par rapport à une autre : les quadratures, les conjonctions, les oppositions sont des aspects.

Astérisme : synonyme de constellation.

Astre : est la dénomination générale des corps célestes, étoiles, planetes, satellites, cometes.

Astrolabe : est un instrument composé de cercles pour observer les astres, & dans ce sens il est synonyme d'armilles. On a aussi donné le nom d'astrolabe à des cartes célestes, où sont projetés & représentés les cercles & les constellations des deux moitiés du ciel ; nous nommons aujourd'hui ces cartes planisphères.

Astrologie : prétendue science de deviner l'avenir par les configurations des astres.

Atmosphere : signifie en général les émanations fluides dont un corps est Enveloppé : l'air qui nous entoure, où nous vivons, est l'atmosphère de la terre.

Attraction : semble être une propriété de la matiere, une faculté qui réside dans les corps pour forcer les corps voisins de s'approcher : & lorsque ces corps s'approchent, lorsqu'ils tombent vers les premiers, cette tendance, cette chûte est l'effet de leur attraction ou de leur pesanteur.

Austral : adjectif synonyme de Méridional.

Axe : ligne autour de laquelle se fait le mouvement ; quand une roue tourne, l'essieu est l'axe du mouvement. La ligne, qui passe par le centre & par les deux pôles de la terre, est l'axe de sa rotation diurne. Ce sont les deux extrémités de cette ligne qn'on nomme pôles. L'axe & les pôles sont immobiles, tandis que le reste du globe est en mouvement autour d'eux.

Azimut : les azimuts sont des arcs de l'horizon. On les compte depuis le point où le méridien coupe l'horizon. Si dans un moment quelconque on fait descendre un cercle qui passe par un astre & vienne aboutir à un point de l'horizon, l'arc compris entre ce point & le point où le méridien coupe l'horizon, est l'azimut de cet astre. Les cercles perpendiculaires à l'horizon sont aussi nommés azimuts.

B

Boréal : synonyme de septentrional.

C

Calendrier : c'est la distribution des années & des jours.

Cycle : synonyme de période & de révolution : intervalle de tems composé d'un certain nombre fixe d'années ou de jours, & qui ne finit que pour recommencer.

Circompolaire : les étoiles circompolaires sont celle qui avoisinent le pôle.

Climats : les climats sur la terre sont réglés par la chaleur, ou, ce qui revient au même, par la présence du soleil & par la longueur des jours. On disoit autrefois le climat de douze heures pour le climat de l'équateur, parce que toute l'année les jours y sont de douze heures. En s'élevant ves les pôles, on désignoit ces climats par le plus long jour de l'été ; on disoit le climat de treize heures, de seize heures, de vingt heures ; puis enfin le climat de vingt-quatre heures, qui est celui où le soleil ne

se couche point le jour du solstice d'été; ensuite on ne comptoit plus que par des mois, on disoit le climat d'un mois, de deux, de quatre: le dernier étoit le climat de six mois, celui du pôle où en effet le soleil est six mois sans se coucher pour l'hémisphère. Aujourd'hui nous désignons les climats par les degrés de latitude, & par la distance à l'équateur. Paris est à 49 degrés de l'équateur, nous disons qu'il est sous le climat de 49 degrés.

Colures : ce sont deux grands cercles perpendiculaires à l'équateur, qui se coupent aux deux pôles du monde, & qui passent, l'un par les points des deux solstices, & l'autre par les points des deux équinoxes; l'un est le colure des solstices, l'autre est celui des équinoxes.

Conjonction : est la réunion de deux astres dans le même point, ou dans la même partie du ciel. Elle dépend du lieu où l'on place le point de vue. Deux astres peuvent être en conjonction, ou à l'égard du soleil, ou à l'égard de la terre. La conjonction rigoureuse est celle qui a lieu précisément dans une même ligne, où l'un des deux astres est devant l'autre, & le couvre en tout ou en partie, comme cela arrive dans les éclipses de lune & de soleil; mais ces conjonctions rigoureuses & dans le même point du ciel sont rares. Les astronômes disent encore que deux astres sont en conjonction, lorsque vus de la terre ou du soleil, ils ont la même longitude, ou la même ascension droite, c'est-à-dire, lorsqu'ils répondent au même point de l'écliptique, ou au même point de l'équateur.

Constellations ; amas d'étoiles qui forment des districts & des divisions dans l'étendue du ciel.

D

Décimales : espece de fraction commode pour les calculs. On suppose l'unité divisé en dix parties, chacune de ces parties en dix autres, & ainsi progressivement jusqu'à l'infini. Pour en donner un exemple, on les écrit ainsi; 1, 478; ce qui signifie l'unité, plus quatre dixiemes, plus sept centiemes, plus huit milliemes, &c. En général les chiffres qui précédent la virgule sont des unités entieres, ceux qui la suivent sont, par ordres, des dixiemes, des centiemes, des milliemes, &c.

Déclinaison : *voyez* Ascension droite.

Déférent : terme de l'ancienne astronomie, par lequel on désignoit l'orbite d'une planete, ou le cercle qui portoit l'épicycle.

Degrés

DEGRÉ : est une division du cercle que l'on partage en 360 parties nommées degrés. Cette division est commune à tous les cercles du ciel & de la terre. Un degré de l'écliptique, ou de l'équateur, est la trois cents soixantieme partie de ces cercles. Un degré de latitude, ou de déclinaison, est la trois cents soixantieme partie d'un cercle, qui passe par les pôles de l'écliptique ou de l'équateur, & par l'astre dont il est question. Un degré de la terre est également la trois cents soixantieme partie d'un des cercles qui la divise.

DENSITÉ : est la quantité de matiere renfermée dans un corps, relativement à son volume. Un corps égal à un autre pour le volume, s'il contient deux fois plus de matiere, a deux fois plus de densité.

DIAPHRAGME, anneau de carton ou de métal, que l'on introduit dans une lunette pour écarter la lumiere superflue, ou les rayons inutiles qui nuiroient à la vision distincte.

DICHOTÔME : signifie partagé en deux : la lune dichotôme est la lune à moitié éclairée, dans le premier & dans le troisieme quartiers.

DIFFRACTION : est le détour de la lumiere lorsqu'elle passe infiniment près des corps solides. On dit aussi dans le même sens l'inflexion des rayons de lumiere.

DIGRESSION : élongation. Lorsqu'un astre tourne autour d'un autre, la distance dont nous le voyons s'en éloigner s'appelle élongation ou digression : savoir élongation, lorsqu'il s'agit du soleil ; on dit l'élongation de la lune ou de Jupiter, c'est l'angle de leur distance à l'égard du Soleil. On se sert du mot digression pour les satellites de Jupiter, de Saturne, & même pour les deux planetes inférieures, Vénus & Mercure.

DISTANCES : lorsque les astronômes parlent des distances des planetes, cette expression signifie tantôt une ligne, tantôt un angle. Tantôt ils entendent la distance en ligne droite d'un astre à un autre, le chemin qu'il faudroit faire pour parvenir de l'un à l'autre ; c'est absolument une distance semblable à celle de nos distances itinéraires : tantôt ils entendent l'arc céleste compris entre les deux lieux de deux astres ; alors la distance est un angle formé par les rayons visuels menés à cette planete. Lorsque l'astre est assez éloigné pour qu'il n'y ait point de parallaxe, cet angle est le même à la surface qu'il seroit au centre de la terre. Les circonstances déterminent parfaitement les deux sens différens du mot distance.

E

ÉCLIPTIQUE : eſt le cercle décrit par le ſoleil, ou plutôt par la terre : il eſt ainſi nommé, parce que les éclipſes de ſoleil & de lune n'arrivent jamais que lorſque la lune ſe rencontre dans l'écliptique, ou lorſqu'elle en eſt très-près.

ÉLÉMENS : ce ſont les connoiſſances néceſſaires à la théorie d'une planete, les connoiſſances qui mettent en état de calculer ſon mouvement & ſa poſition. Les principaux de ces élémens ſont au nombre de huit ; le premier c'eſt l'époque, c'eſt-à-dire, la longitude, le lieu où un aſtre a été vu dans un inſtant déterminé. Les ſept autres ſont la poſition de ſon aphélie & de ſon nœud pour le même inſtant, le moyen mouvement de la planete, le mouvement de cet aphélie & de ce nœud dans un intervalle de tems connu, l'inclinaiſon de l'orbite de la planete ſur l'écliptique ; enfin l'excentricité de l'ellipſe qu'elle décrit, d'où dépend l'inégalité de ſon mouvement. Ces élémens connus & réunis forment ce qu'on appelle la théorie d'une planete.

ELLIPSE : courbe qui s'engendre en coupant un cône obliquement à ſon axe : c'eſt celle que les planetes & les cometes décrivent autour du ſoleil, & les ſatellites autour de leurs planetes principales (*Voy. Tom. II, fig. 29*). Elle a deux points F, F également éloignés de ſon centre C, que l'on nomme ſes foyers. Plus ces points ſont diſtans du centre, plus l'ellipſe s'alonge, s'aplatit & s'éloigne du cercle. La diſtance CF du foyer au centre s'appelle l'excentricité.

ÉLONGATION : *voyez* Digreſſion.

ÉMERSION : *voyez* immerſion.

ÉPACTE : c'eſt l'âge de la lune au moment de la fin de l'année, c'eſt-à-dire, le nombre de jours écoulés depuis que la lune eſt renouvelée, ou depuis ſa conjonction avec le ſoleil.

ÉPOQUE : déſigne une obſervation qui ſert de baſe à tous les calculs d'une planete. Lorſque le mouvement d'un aſtre eſt bien connu, il ne s'agit que d'avoir une obſervation du lieu où il a été vu dans un tems paſſé, pour calculer le lieu où il doit être dans un tems futur. Cette obſervation premiere eſt ce qu'on nomme l'époque.

ÉQUANT : cercle de l'ancienne aſtronomie. C'eſt autour du centre de ce cercle que les mouvemens des planetes étoient ſuppoſés uniformes.

Équateur : grand cercle qui divise la terre & le ciel chacun en deux hémisphères. L'écliptique s'éleve également au-dessus & au-dessous, & lorsque le soleil se rencontre dans ce cercle, les jours sont égaux aux nuits; c'est de là qu'il a tiré son nom.

Équations : ce sont les quantités par lesquelles on tient compte des inégalités des astres. On suppose, pour la facilité du calcul, que les mouvemens sont uniformes; on corrige ensuite cette supposition par une quantité proportionnée à l'inégalité, & cette quantité ajoutée ou retranchée, se nomme l'équation : & comme le mouvement d'un astre peut être varié, troublé par plusieurs causes, on emploie autant d'équations que cet astre a d'inégalités. La lune en a un très-grand nombre.

Équinoxes : ce sont les points où l'écliptique coupe l'équateur. C'est dans ces points que le soleil fait les jours égaux aux nuits, d'où leur est venu le nom d'équinoxes.

Éther : fluide infiniment subtil, qu'on suppose remplir les espaces célestes entre les planeres & notre atmosphère.

Étoiles : astres qui sont fixes dans le ciel, ou sensiblement fixes, qui luisent par eux-mêmes, & qui sont sans doute des soleils semblables au nôtre.

Excentricité : *voyez* Ellipse.

G

Gnomon : instrument pour prendre la hauteur du soleil, déterminée par la longueur de son ombre.

H

Hauteur : est la distance d'un astre à l'horizon.

Héliaque : le lever héliaque, c'est le tems où une étoile commence à se dégager des rayons du soleil, & à briller le matin avant lui sur l'horizon. Le coucher héliaque est le tems où elle se plonge dans les rayons du soleil, & où elle cesse de paroître le soir sur l'horizon, après le coucher de cet astre.

Hémisphère : moitié du globe terrestre, ou de la sphère céleste. On peut distinguer l'hémisphère septentrional & l'hémisphère méridional, l'hémisphère oriental & l'hémisphère occidental, l'hémisphère obscur & l'hémisphère éclairé, &c.

Hesper : étoit anciennement le nom de Vénus, lorsqu'elle brilloit le soir. On la nommoit Lucifer lorsqu'elle se montroit le matin.

Horizon : c'est dans chaque lieu un cercle qui sépare l'hémisphère visible du ciel de celui qui ne l'est pas. On change d'horizon à chaque pas qu'on fait sur la terre.

I

Immersion : c'est le moment où un astre tel que la lune, les satellites de Jupiter entrent dans l'ombre. On distingue le commencement de l'immersion, c'est-à-dire, le moment où ils touchent l'ombre, & l'immersion totale, qui est le moment où ils y sont entiérement plongés. L'émersion est le moment de la sortie de l'ombre. On distingue également le commencement de l'émersion & l'émersion totale. Ce sont des phénomènes des éclipses.

Inclinaison : c'est l'angle que l'orbite d'une planete fait avec l'orbite d'une autre planete. Les points où ces deux orbites se coupent s'appellent les nœuds.

Indiction : est une maniere de compter le tems par quinze années; c'est un cycle de quinze ans.

Inégalités : *voyez* Équations.

Inflexion : *voyez* Diffraction.

Informes : les étoiles informes sont celles qui ne sont point renfermées dans les constellations.

Intercalaire : jour intercalaire, c'est le jour ajouté tous les quatre ans dans l'année bissextile aux 365 jours de l'année, pour tenir compte des six heures dont la longueur de l'année excede 365 jours. Lune intercalaire est une treizieme lune ajoutée tous les deux ou trois ans aux douze lunes de l'année, pour tenir compte des onze jours dont l'année solaire excede l'année lunaire, & pour rendre aux lunaisons à peu près la même place dans le calendrier.

Jour : le jour naturel est le tems de la présence du soleil sur l'horizon; le jour artificiel est l'intervalle de vingt-quatre heures, qui embrasse le jour naturel & la nuit consécutive. Les astronômes comptent ces vingt-quatre heures d'un midi à l'autre, & c'est le jour astronomique.

Irradiation : c'est un effet de l'éclat de la lumiere, c'est l'extension apparente de la grandeur des corps lumineux sur un fond obscur.

Isochronisme : c'eſt la propriété du pendule de faire les vibrations grandes & petites dans le même tems.

L

Lactée (voie) : zône blanche & lumineuſe qui traverſe & partage le ciel.

Latitudes : *voyez* Longitudes.

Libration : les anciens donnoient ce nom à un mouvement alternatif par lequel ils croyoienr expliquer la préceſſion des équinoxes. Ptolémée ſuppoſoit auſſi une libration dans les plans des orbites des planetes, pour expliquer les variations de leur latitude. On ne ſe ſerr de ce mot que pour exprimer le balancemenr de la lune, qui nous montre & nous cache alternativement vers ſes bords quelque partie de ſa ſurface.

Lieu d'une planete : c'eſt le point du ciel où elle eſt vue de la terre. En plaçanr le ſpectateur ailleurs, par exemple dans le ſoleil, le lieu de la planete ſeroit le point du ciel où aboutiroit le rayon viſuel, & où le ſpectateur la jugeroit placée.

Logarithmes : ce ſont des nombres inventés pour faciliter le calcul, en ſubſtituant toujours des additions aux multiplications, & des ſouſtractions aux diviſions. (*Voyez ſuprà, Tom. II, Liv. 2*).

Longitudes : les longitudes céleſtes ſe comptent depuis l'équinoxe de printems, c'eſt-à-dire, depuis l'une des interſections de l'équateur avec l'écliptique. Par le pôle de ce dernier cercle & par l'aſtre on imagine un cercle qui coupe l'écliptique ; l'arc compris entre cette interſection & le point de l'équinoxe eſt la longitude de cet aſtre. La latitude ſe compte ſur le cercle fictif dont nous venons de parler, & qui paſſe par l'aſtre & par les pôles de l'écliptique. Les degrés compris entre l'aſtre & l'écliptique ſont les degrés de latitude. Les longitudes terreſtres ſe comptent ſur l'équateur ; elles doivent partir d'un point fixe dont il faut convenir, & où on commence à compter les degrés ; la latitude d'un lieu eſt ſa diſtance à l'équateur, meſurée ſur le grand cercle nommé méridien, qui paſſe par ce lieu & par les pôles de l'équateur. Les degrés compris entre ce lieu & l'équateur ſont les degrés de latitude.

Lunaisons : intervalle de tems, révolution qui ramene la lune au même aſpect à l'égard du ſoleil.

M

Masse : la masse d'une planete est la quantité de matiere contenue dans le globe de cette planete.

Méridien : c'est un des cercles perpendiculaires à l'horizon, & qui passe par le zénith. C'est celui où les astres, emportés par la révolution diurne, atteignent leur plus grande hauteur, & le milieu de leur course de l'orient à l'occident. Ce cercle qui passe par le zénith, passe en même tems par les pôles de l'équateur; la partie interceptée entre le zénith du lieu & l'équateur marque la latitude de ce lieu, & sa longitude est déterminée par le point où ce cercle coupe l'équateur. *Voy.* Longitude.

Méridienne : ligne tracée sur un plan horizontal, ou vertical, dans le plan du méridien, & où l'image du soleil marque l'instant de midi.

Mesure des angles : un angle est formé par deux lignes qui aboutissent au même point; l'écartement de ces lignes fait la grandeur de l'angle. On le mesure par le moyen d'un arc de cercle décrit du point où les deux lignes aboutissent, pris pour centre : le nombre des degrés du cercle compris dans l'intervalle de deux lignes, est la mesure de l'angle. Que cet arc soit décrit d'un grand ou d'un petit rayon, les degrés seront plus grands ou plus petits, mais il n'y en aura jamais que le même nombre, puisque ce nombre est déterminé par l'écartement de deux lignes.

Micrometre : instrument pour mesurer les petits espaces.

Mobile (premier mobile) : c'est le nom que les anciens donnoient au mouvement diurne des astres d'orient en occident.

Mouvement (moyen) : est un mouvement fictif que les astronômes emploient pour calculer la marche & le lieu des astres, en tenant compte ensuite de leurs inégalités.

N

Néomenie : synonyme de nouvelle lune.

Nœuds : *voyez* Inclinaison.

O

Obliquité de l'écliptique : angle de l'écliptique avec l'équateur.

Objectif : celui des verres d'une lunette qui est tourné du côté de l'objet.

Occultation : éclipse d'une étoile ou d'une planete par une autre planete.

Octant : c'est le nom d'une des phases de la lune ; c'est le milieu de l'intervalle entre la nouvelle lune & le premier quartier, entre le premier quartier & la pleine lune, entre la pleine lune & le troisieme quartier, entre le troisieme quartier & la nouvelle lune suivante. Ainsi la lune, dans le cours de sa révolution, se trouve quatre fois dans les octans.

Oculaire : celui des verres d'une lunette qui est tourné du côté de l'œil.

Opposition : c'est l'aspect de deux astres, qui vus du centre de la terre, sont diamétralement opposés dans le ciel. Lorsque la lune est pleine, la terre est entr'elle & le soleil, & la lune est opposée à cet astre.

Orbe, Orbite : c'est le cercle ou la courbe qu'une planete décrit.

Ouverture d'une lunette : c'est la largeur ou le diametre du verre objectif qui donne passage à la lumiere.

P

Parabole : est une des courbes qui naissent de la section du cône & dans laquelle les cometes se meuvent sensiblement lorsqu'elles approchent du soleil.

Parallaxe : c'est la différence des positions d'un astre dans le ciel, lorsqu'il est vu de différens points du globe, ou de différens points de l'espace. Les planetes, telles que Vénus, Mercure & sur-tout la Lune, ont une parallaxe, à cause de l'étendue de notre globe. Les planetes ont encore une autre parallaxe qui naît du mouvement de translation de la terre ; en changeant de position dans l'espace, elle voit les planetes répondre à différens points du ciel ; c'est ce qu'on nomme la parallaxe du grand orbe. La parallaxe des fixes seroit celle qui auroit lieu si la terre, dans son mouvement, se transportant d'une extrémité de son orbe à l'autre, voyoit changer sensiblement la position des étoiles.

Parallaxe horizontale : la parallaxe, qui naît de la grandeur du globe, diminue à mesure que les astres s'élevent sur l'horizon, & s'évanouit au zenith. La plus grande de toutes, celle qui a lieu à l'horizon, est la parallaxe horizontale.

Parallèles ; on donne ce nom aux cercles qui sont parallèles à l'équateur terrestre ou céleste. On dit que Paris est sous le parallèle de 49 degrés, c'est-à-dire, sous le cercle parallèle à l'équateur terrestre, & qui en est

éloigné de 49 degrés. On dit que le soleil est dans le parallèle de l'étoile nommée Regulus, ou le Cœur du Lion; c'est-à-dire, qu'il est dans un cercle parallèle à l'équateur céleste, & qui passe par cette étoile.

Parallélisme de l'axe de la terre : c'est l'inclinaison constante de l'axe de rotation de notre globe sur le plan de l'écliptique.

Pendule : corps suspendu à un fil ou à une verge de fer, qui oscille autour d'un centre : son isochronisme a été découvert par Galilée, & Huygens l'appliqua aux horloges.

Pénombre : c'est l'ombre légere qui commence & qui termine les éclipses de lune. Elle se répand sur les points de la lune qui voyent encore une partie du soleil, & où l'ombre épaisse, l'ombre vraie n'arrive que lorsque le soleil leur est entiérement caché.

Périgée : *voyez* Aphelie.

Périhélie : *voyez* Aphelie.

Période : *voyez* Cycle.

Pesanteur : *voyez* Attraction.

Pôles : *voyez* Axe.

Précession des équinoxes : c'est la quantité dont l'intersection de l'équateur & de l'écliptique rétrograde sur ce dernier cercle. Le point de l'équinoxe recule & va au-devant du soleil, ce qui fait que l'équinoxe arrive plutôt. En même tems les étoiles, quoiqu'immobiles, paroissent s'avancer le long de l'écliptique : leur longitude croît continuellement; d'où il résulte que précession des équinoxes, rétrogradation des points équinoxiaux, progression ou mouvement des étoiles en longitude, sont des expressions identiques.

Projection : c'est la méthode de rapporter un nombre d'objets différemment placés, & dans différens plans, à un seul & même plan que l'on suppose placé entre l'œil & les objets, ou derriere les objets mêmes. Un tableau est une projection coloriée. Les cartes célestes ou terrestres sont également des projections. On suppose l'œil hors du globe de la sphère, regardant tous les objets qui y sont contenus, & marquant le lieu de ces objets sur un plan déterminé & convenu.

Projection : est aussi l'action de lancer un corps : la force qui le lance est appelé la force de projection.

Quadrature :

Q

Quadrature : c'eſt la phaſe de la lune qui a lieu entre la conjonction & l'oppoſition, entre l'oppoſition & la conjonction. C'eſt ce qu'on appelle le premier & le troiſieme quartier. C'eſt en général pour tous les aſtres le tems où une planete, vue de la terre, eſt éloignée du ſoleil de 90 degrés, ou du quart du ciel.

R

Réfraction : c'eſt le détour de la lumiere en paſſant d'un milieu dans un autre, en paſſant, par exemple, de l'éther dans l'air, ou de l'air dans le verre ou dans l'eau.

Régulus : étoile qui eſt placée au Cœur du Lion.

Rotation : mouvement d'une planete autour de ſon axe.

S

Saros : période des anciens Chaldéens.

Secteur : inſtrument d'aſtronomie qui embraſſe une portion quelconque de la circonférence. Un ſecteur de cercle, un ſecteur d'ellipſe eſt un eſpace renfermé par une portion de la courbe, & par deux rayons menés ou au centre du cercle, ou au foyer de l'ellipſe.

Sextant : inſtrument d'aſtronomie, ainſi nommé, parce qu'il embraſſe la ſixieme partie du cercle.

Sidérale : ſignifie ce qui concerne les étoiles. L'année ſidérale eſt celle qui eſt réglée par le retour du ſoleil à une même étoile.

Sinus : ſi par les extrémités d'un arc de cercle, on mene une ligne droite, cette ligne eſt nommée la corde de cet arc, & la moitié de cette ligne eſt le ſinus de la motié de ce même arc. Ces ſinus ſont d'un grand uſage dans la géométrie & dans l'aſtronomie.

Sirius : étoile de la conſtellation du grand Chien.

Solstices : c'eſt le point de l'orbite du ſoleil où cet aſtre s'éleve le plus haut, ou s'abaiſſe le plus bas ſur l'horizon. Dans ce point, dans l'inſtant du ſolſtice, il ceſſe de monter & commence à deſcendre, ou bien il ceſſe de deſcendre pour commencer à remonter.

Sphère : comme la vue s'étend de toutes parts à la même distance, tout ce que nous voyons paroît rond ou sphérique. Le monde prend la figure d'une boule, c'est pourquoi nous disons la sphère celeste, pour désigner la concavité apparente qui nous environne de toutes parts. Nous donnons encore le nom de sphère à la représentation artificielle de ces cercles. On dit l'inclinaison de la sphère, pour désigner la position de ces cercles sur l'horizon.

Sphéroïde : solide qui n'est qu'un globe aplati ou alongé. Le sphéroïde differe d'un globe comme l'ellipse differe d'un cercle.

Style : le nouveau style est la maniere de dater, en admettant la réformation grégorienne. Le vieux style est celui qui n'admet pas cette réformation. Le style d'un cadran solaire est une pointe élevée dont l'ombre montre les heures ; le style est un petit gnomon.

Syzygies : conjonction ou opposition de la lune. La ligne des syzygies est la ligne où arrivent ces conjonctions & ces oppositions.

T

Tems vrai ou apparent : c'est celui que marque chaque jour le soleil. Le tems moyen est celui qui auroit lieu si le soleil se mouvoit toujours d'un mouvement égal. Les astronômes tiennent compte de la différence de ces deux tems par le moyen d'une équation qu'ils nomment l'équation du tems.

Trajectoire : est la courbe décrite par un corps en mouvement. Les ellipses des planetes, les paraboles que les cometes semblent décrire, en approchant du soleil, la route courbe que suit un rayon de lumiere dans l'atmosphère, sont des trajectoires.

Trigonométrie : science des triangles.

Tropiques : ce sont des cercles parallèles à l'équateur, où le soleil atteint sa plus grande distance de ce cercle : arrivé là, il commence à s'en rapprocher ; il semble retourner en arrière, c'est pourquoi les anciens ont donné à ces cercles le nom de tropiques.

V

Variation : troisieme inégalité de la lune, découverte par Tycho.

Z

Zenith : eſt le point du ciel qui eſt perpendiculairement au-deſſus de notre tête. En changeant de lieu, on change de zenith.

Zodiaque : eſpace ou zône céleſte d'environ 17 degrés de largeur, qui fait le tour du ciel, dont l'écliptique occupe le milieu, & qui comprend tous les points du ciel, où les planetes ſe rencontrent.

Zône : eſpace compris ſur la ſurface d'une ſphère entre deux cercles parallèles entr'eux. La zône compriſe entre les deux tropiques eſt la zône Torride ; ſi l'on imagine deux cercles parallèles à l'équateur, & de part & d'autre à 66 degrés de diſtance, ces cercles ſeront les cercles polaires. La zône compriſe de chaque côté entre l'un de ces cercles & l'un des tropiques eſt la zône tempérée. Au-delà de ce cercle polaire eſt la zône glaciale qui s'étend juſqu'au pôle.

Fin de l'Explication des Termes d'Aſtronomie.

TABLE

DES LIVRES

CONTENUS DANS CE VOLUME.

Fin de la Table.

EXTRAIT

Des Registres de l'Académie du 10 Février 1779.

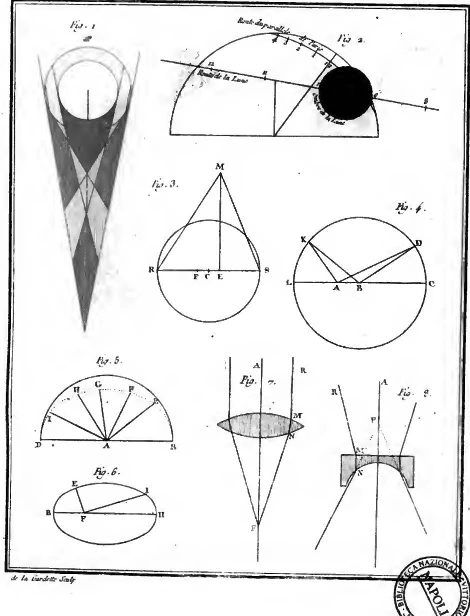
MESSIEURS LEROI, LE GENTIL ET CASSINI fils ayant rendu compte à l'Académie des deux derniers volumes de l'Histoire de l'Astronomie par M. BAILLY, contenant l'*Histoire de l'Astronomie moderne*, l'Académie a jugé cet ouvrage digne de paroître sous son Privilége. En foi de quoi j'ai signé le présent certificat : à Paris ce 17 Février 1779, le Marquis de CONDORCET, Secrétaire perpétuel.

PRIVILÉGE DU ROI.

LOUIS, par la grace de Dieu, Roi de France & de Navarre, à nos amés & féaux Conseillers, les Gens tenans nos Cours de Parlement, Maîtres des requêtes ordinaires de notre Hôtel, grand Conseil, Prevôt de Paris, Baillis, Sénéchaux, leurs Lieutenans civils & autres nos Justiciers qu'il appartiendra: SALUT : nos bien amés les MEMBRES de l'Académie Royale des Sciences de notre bonne ville Paris nous ont fait exposer qu'ils auroient besoin de nos Lettres de Privilége pour l'impression de leurs Ouvrages. A CES CAUSES, voulant favorablement traiter les Exposans, Nous leur avons permis & permettons par ces Présentes, de faire imprimer par tel Imprimeur qu'ils voudront choisir, toutes les recherches & observations journalieres, ou relations annuelles de tout ce qui aura été fait dans les assemblées de ladite Académie Royale des Sciences, les ouvrages, mémoires ou traités de chacun des particuliers qui la composent, & généralement tout ce que ladite Académie voudra faire paroître, après avoir fait examiner lesdits ouvrages, & jugés qu'ils sont dignes de l'impression, en tels volumes, forme, marge, caractères, conjointement ou séparément, & autant de fois que bon leur semblera, & de les faire vendre & débiter par tout notre Royaume pendant le tems de vingt années consécutives, à compter du jour de la date des Présentes; sans toutefois qu'à l'occasion des ouvrages ci-dessus spécifiés, il en puisse être imprimé d'autres qui ne soient pas de ladite Académie : faisons défenses à toutes sortes de personnes, de quelque qualité & condition qu'elles soient, d'en introduire d'impression étrangere dans aucun lieu de notre obéissance : comme aussi à tous Libraires & Imprimeurs d'imprimer ou faire imprimer, vendre, faire vendre & débiter lesdits Ouvrages, en tout ou en partie, & d'en faire aucunes traductions ou extraits sous quelque prétexte que ce puisse être, sans la permission expresse & par écrit desdits Exposans, ou de ceux qui auront droit d'eux, à peine de confiscation desdits exemplaires contrefaits, de trois mille livres d'amende contre chacun des contrevenans, dont un tiers à Nous, un tiers à l'Hôtel-Dieu de Paris, & l'autre tiers auxdits Exposans, ou à celui qui aura droit d'eux, & de tous dépens, dommages & intérêts; à la charge que ces Présentes seront enregistrées tout au

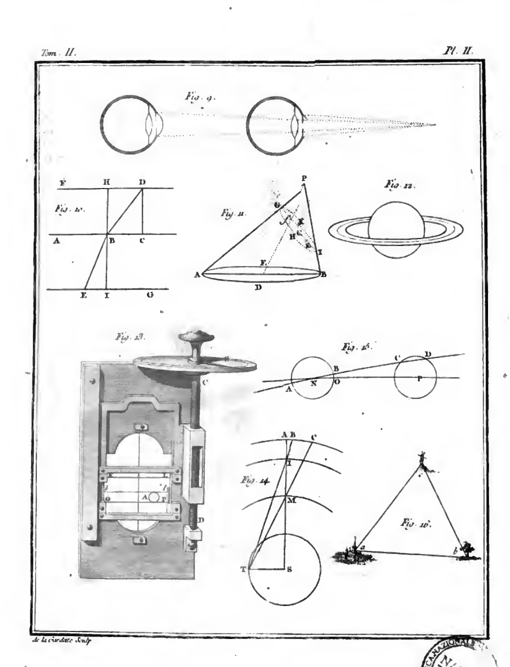
long sur le Registre de la Communauté des Imprimeurs & Libraires de Paris, dans trois mois de la date d'icelles ; que l'impression desdits Ouvrages sera faite dans notre Royaume & non ailleurs, en bon papier & beaux caractères, conformément aux Réglemens de la Librairie, qu'avant de les exposer en vente, les manuscrits ou imprimés qui auront servi de copie à l'impression desdits Ouvrages, seront remis ès mains de notre très-cher & féal Chevalier Garde des Sceaux de France le Sieur HUE DE MIROMENIL, qu'il en sera ensuite remis deux Exemplaires dans notre Bibliothéque publique, un dans celle de notre Château du Louvre, & un dans celle de notre cher & féal Chevalier, Chancelier de France, le sieur DE MAUPEOU, & un dans celle dudit sieur HUE DE MIROMENIL, le tout à peine de nullité des Présentes ; du contenu desquelles vous mandons & enjoignons de faire jouir lesdits Exposans & leurs ayant causes, pleinement & paisiblement, sans souffrir qu'il leur soit fait aucun trouble ou empêchement. Voulons que la copie des Présentes, qui sera imprimée tout au long au commencement ou à la fin desdits Ouvrages, soit tenue pour dûment signifiée, & qu'aux copies collationnées par l'un de nos amés & féaux Conseillers, Secrétaires, foi soit ajoutée comme à l'original. Commandons au premier notre Huissier ou Sergent sur ce requis de faire pour l'exécution d'icelles tous actes requis & nécessaires, sans demander autre permission, & nonobstant clameur de Haro, Chartre Normande & Lettres à ce contraires : CAR tel est notre plaisir. DONNÉ à Paris le premier jour de Juillet, l'an de grace mil sept cent soixante-dix-huit, & de notre règne le cinquieme. Par le Roi en son Conseil. *Signé* LE BEGUE.

Registré sur le Registre vingt de la Chambre Royale & Syndicale des Libraires & Imprimeurs de Paris, N° 1477, Fol. 582, conformément au Réglement de 1723, qui fait défenses article quatre à toutes personnes de quelque qualité & condition qu'elles soient, autres que les Libraires & Imprimeurs, de vendre, débiter, faire afficher aucuns livres, pour les vendre en leurs noms, soit qu'ils s'en disent les auteurs, ou autrement, & à la charge de fournir à la susdite Chambre huit exemplaires prescrits par l'article cent huit du même Réglement. A Paris, ce 20 Août 1778. Signé A. M. LOTTIN l'aîné, Syndic.

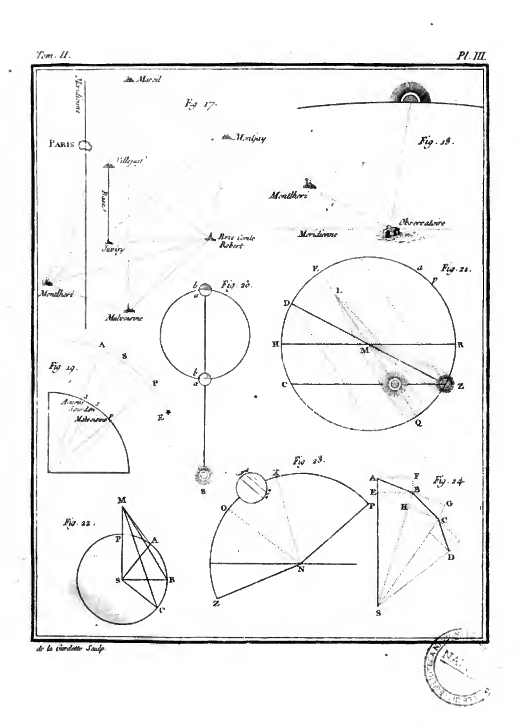


de La Gardette Sculp

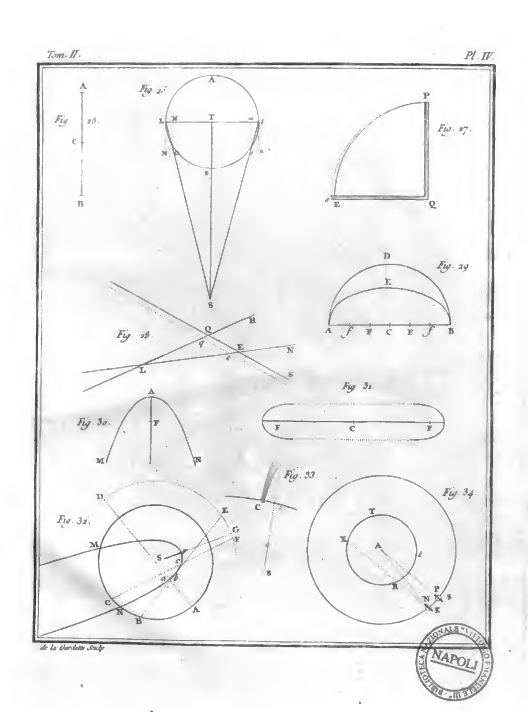




de la Gardette Sculp.

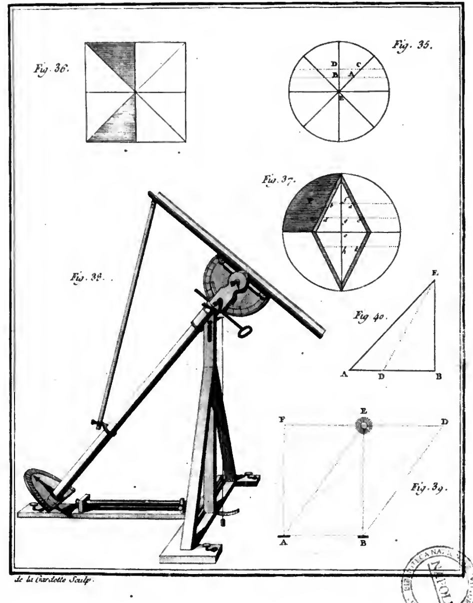


de la Gardette Sculp.



de La Gardette Sculp.





de la Gardette Sculp.

